MBL/WHOI
0 0301 0013848 3

Untersuchungen

über den Bau der

Cyanophyceen und Bakterien

von

Dr. Alfred Fischer,
a. o. Professor der Botanik in Leipzig.

Mit 3 lithographischen Tafeln

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1897.

Alle Rechte vorbehalten.

2181

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

I. Wert der färbungsanalytischen Methode.

Chemische und physikalische Theorie der Färbung, Chromatophilie 4
Versuche mit Albumosegranulis verschiedener Grösse . . . 5
Chromatophilie bei Differenzierungsfärbungen 5
Umkehr der Chromatophilie 6
Altmanns Granulafärbung 6
Eisenalaunhämatoxylin, Grams und Ziehls Färbung . 6
Delafields Hämatoxylin 6
Hämoglobingranula 7
Farbgemische 7
Diffusionsgeschwindigkeit der Komponenten 7
Albumosegranula in Gerinnseln mit Fuchsin und Methylenblau 8
Direkte Beobachtung der Färbung 8
Metachromatische Färbungen aus Delafields Hämatoxylin . 8
Delafields Hämatoxylin, ein Gemisch 8
Metachromatische Bilder bei Wurzelspitzen 9
„ „ „ Oscillarien 9
Wasser wirkt als Differenzierungsmittel auf Alaun . . 9
Metachromasie bei Methylenblau 10
Färbbarkeit der Kerne und Chromosomen, beruht nicht auf Nuclein- und Phosphorgehalt 11
Kernfarbstoffe 11

Seite

Färbung und morphologische Deutung 12
Heines Angaben 13

II. Cyanophyceen.

1. Gliederung des Inhaltes am lebenden Material 15

Oscillaria Froehlichii 16
„ princeps 16

2. Verdauungsversuche 18

Litteratur: Zacharias 18
Bütschli 19
Neue Versuche 19
Enzymatische Kontraktion bei Oscillaria princeps . . . 20
„ „ „ Spirogyren 20
„ „ „ Oscillaria tenuis 21
Bütschlis Angaben 22
Versuche mit Tolypothrix und die Angaben von Zacharias 23

3. Rindenschicht und Chromatophor 24

Litteratur 24
Protoplasmatischer Wandbeleg 25
Körnchenreihen an den Querwänden 25
Plasmolytisches Verhalten 25
Isolierung der Chromatophoren mit Flusssäure 26
Versuche mit Spirogyren und anderen Algen, mit Funaria . 27
Oscillaria tenuis und Lyngbia stagnina 27
Gestalt des Chromatophores 28
Oscillaria Froehlichii und Oscillaria princeps 29
Tolypothrix 29
Hapalosiphon 29

4. Granulationen 29

Litteratur 29
Chromatin- und Reservekörner von Bütschli und Nadson . 30
Bütschlis Deutungsversuch 30
Zacharias 32
Pallas Schleimkugeln und Cyanophycinkörner 32
Chodat und Manilesco 32

Seite

Hieronymus, Zukal 32
Osmiumsäure, Jodfärbung 33
Ansichten über die chemische Natur der Granulationen . . 34
Tabellarische Uebersicht der verschiedenen Angaben . . . 35

1. Lage der Granulationen 35

Ablagerung ausserhalb des Chromatophores 36
Vergleich mit Euglena, Florideen, Phäophyceen 36

2. Mikrochemische Reaktionen der Granulationen 36

Wert der mikrochemischen Reaktionen 37
Osmiumsäure, Jodlösung (Hapalosiphon und andere) . . . 37
Konz. Essigsäure 39
Mineralsäuren 40
10 % Soda, Kali, Magensaft 40
Natur der Granulationen unbekannt 40

3. Färbung und Gestalt der Granulationen 41

Benutzte Fixierungs- und Färbungsmethoden 41
Tolypothrix Aegagropila 42
Metachromatische Hämatoxylinfärbung und deren Tragweite 42
Altmanns Granulafärbung 43
Behandlung mit 0,3 % Salzsäure 44
10 % Soda 44
Oscillaria tenuis 45
Klumpig, sternförmige Massen 45
Granula 45
4 % Formol 46
Soda 46
Oscillaria anguina (?) 46
Oscillaria Froehlichii 46
Soda, Umschlag der Chromatophilie 47
Paraffinschnitte bei Jodalkoholfixierung 47
„ „ Alkoholfixierung 47
Oscillaria princeps 48
Hapalosiphon pumilus 48
Andere Formen 48

5. Grundmasse des Centralkörpers 49

Begriffsbestimmung 49
Litteratur 49
Zacharias, Bütschli, Nadson, Palla 49
Wert der Lebendfärbung 51

Seite

1. Färbung und Gestalt der Grundmasse 51
Färbungsdifferenz zwischen Chromatophor und Grundmasse . . . 51
Oscillaria Froehlichii 52
Alkoholfixierung (Paraffinquerschnitte) 52
Jodalkohol „ 53
Kontraktion durch Alkohol 53
Oscillaria tenuis und anguina (?) 53
Oscillaria princeps 54
Tolypothrix Aegagropila 55
Hapalosiphon pumilus 55

2. Verhalten der Grundmasse bei der Zellteilung 56
Osc. Froehlichii und princeps mit halbverdünnter Schwefelsäure . 57
Bütschlis Angaben 57
Schrumpfung des Gesamtinhaltes 57
Ausfällung beim Auswaschen 58
Osc. Froehlichii nach der Färbung 58
Tolypothrix 59
Hapalosiphon pumilus 59

6. Deutung der Cyanophyceenzelle 61

Litteratur 61
Bütschli 61
Scott, Dangeard 62
Zacharias 62
Palla 63
Nadson 63
Bütschlis Einwände gegen Nadson 64
Deinega, Chodat, Hieronymus 65
Zukal 66
Versuch einer neuen Deutung 66
Fehlen echter Kerne 67
Umfang des Centralkörpers 68
Ablagerung der Granulationen 68
Abhängigkeit des Centralkörpers vom Chromatophor . . . 68
Färbungsdifferenzen 69
Raumverhältnisse dicker und dünner Oscillarien 69
(Osc. princeps, Froehlichii, tenuis)
Ihr Einfluss auf die Konfiguration des Inhaltes 69
Raumverhältnisse anderer Cyanophyceen 71
Verhalten des Centralkörpers in Sporen 71

Seite

Teilungserscheinungen 72
Der Centralkörper als phylogenetischer Vorläufer der Kerne 72
Deutung des Centralkörpers 73
Kernlosigkeit der Cyanophyceen 73

III. Schwefelbakterien.

1. Verteilung und Verhalten des Farbstoffes . . 74

Bütschlis Angabe 74
Verteilung des Farbstoffs durch den ganzen Inhalt . . . 74
Bildung roter Tropfen in Balsam 75
Verhalten des Schwefels hierbei 76
Rote Farbstoffkugeln in gefärbten Trockenpräparaten . . 77
Bildung roter Kugeln in Xylol, Benzol, Terpentin 77
Verhältnis der Farbstoffkugeln zu den „Chromatinkörnern“ 78
Wirkung von Alkohol 78
Försters Angaben 79

2. Gliederung und Deutung des Inhaltes 80

Bütschlis Ansicht 80
Nadson, Mitrophanow 81

1. Chromatium 83

Vergleich mit Cyanophyceen unzulässig 83
Centralkörper in schwefelreichen Individuen 83
Fehlen des Centralkörpers in schwefelfreien 83
Chromatinkörner 84
Deutung des Centralkörpers 84
Centralkörper kein besonderes Organ 84
Abhängigkeit vom Schwefelgehalt 84
Beispiele aus Reservestoffbehältern höherer Pflanzen . . . 86
Achromatium 87

2. Beggiatoa 87

3. Resultat 88

IV. Schwefelfreie Bakterien.

(Bakterien im engeren Sinne).

Färbung mit sog. Kernfarbstoffen 89
Litteratur 90

Seite
Bütschlis Auffassung 90
Physiologische Konsequenzen 90
Bacterium lineola 91
Chromatinkörner und Kerne 92
Bütschli, Babes, Ernst 92
Zukal, Nadson, Protopopoff, Wahrlich 93
Migula, Mitrophanow, Frenzel, Pérez 93
Schottelius, Sjöbring, Trambusti u. Galeotti 93
Protopopoff, Ilkewicz 94
Kapselbildung 94
Begriffsbestimmung 94
Babes, Remy u. Sugg 95
Kapselähnliche Veränderungen der Geisseln 96
„ Artefakte anderer Art 96
Babes und Löwit 97
Migula 97
Mikrochemische Reaktionen 98
Morphologische Deutung des Bakterienkörpers . . 99
Bütschli, Wahrlich, Pérez, Löwit, Zettnow 99
Nadson, Mitrophanow 99
Frenzel 100
Migula 100

1. **Der Bau von Spirillum undula** 101

Bemerkungen zu Bütschlis Arbeiten 101
Osmiumdämpfe und Jodalkohol 103
Centralkörper und helle Enden fehlen 103
Gliederung des Inhalts in Wandbeleg und Zellsaftraum . 104
Zahl der „Chromatinkörner", Verhältnis zur Teilung . . . 105
Trockenpräparate 106
Häufigkeit der Präparationsplasmolyse 107
Art der Durchschnürung 107
Bütschlis Rindenwaben 109
Andere Fixierungsmittel 110

2. **Andere Formen** 111

Cladothrix dichotoma 111
Bacillus Anthracis 112
Typhusbacillus 113
Choleravibrio 113
Wasservibrio 114

Seite

3. **Deutung des Bakterienkörpers** 114

Kernfarbstoffe 114
Helle Enden und Centralkörper 114
Vergleich mit Cyanophyceen hinfällig 115
Verhalten gegen Flusssäure 115
Plasmolyse 115
Kernähnlichkeit einzelner Granulationen 116
Gründe gegen die Kernnatur 116
Chromatinkörnchen 117
Geisseln und Membran 117

Resultate 118
Erklärung der Abbildungen 123
Citierte Litteratur 133

Einleitung.

In seiner neuen Publikation über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien beschwert sich Bütschli (II, p. 9), dass ich in meinen Untersuchungen über die Bakterien (II) nur diese und unter ihnen nur die schwefelfreien, aber nicht die Schwefelbakterien und Cyanophyceen berücksichtigt habe. Es ging dies sehr wohl an, da meine neue Beweisführung über den Bau der Bakterien, die Plasmolyse, ganz andere Voraussetzungen hat als Bütschlis Färbungsmethode und deshalb auch unabhängig von jenen Organismen, die er zum Ausgangspunkte wählte, gerade mit den kleineren und kleinsten Formen beginnen konnte. Gleich nach Abschluss meiner Arbeit ging ich zur Untersuchung der blaugrünen Algen über, denen sich die Schwefelbakterien anschliessen sollten, denn ich hielt es für meine Pflicht, die in meiner ersten Mitteilung erhobenen Bedenken ausführlich zu prüfen. Ich erkannte sehr bald, dass Bütschlis Centralkörper der Cyanophyceen nicht allgemein als kontrahierter Inhalt erklärt werden darf, wie ich früher (I, p. 69) etwas übereilig, durch Bütschlis schematische Bilder bestärkt, annahm. Es wird die folgende Auseinandersetzung aber zeigen, dass meine Vermutung in einigen von Bütschli behandelten Fällen (Verdauung, Schwefelsäure) auch für die Cyanophyceen zutrifft, für die

kleineren Bakterien aber allgemein Gültigkeit auch nach erneuter Prüfung behält.

Schon in den ersten Anfängen der Untersuchung traten allgemeine Fragen über Färbung und Fixierung in den Vordergrund, weshalb, um diese zunächst zu bearbeiten, die spezielle Untersuchung der Cyanophyceen und Schwefelbakterien auf später verschoben wurde. Diese Organismen habe ich nun, durch Bütschlis neue Arbeit veranlasst, untersucht, wobei die bereits kurz mitgeteilten Beobachtungen über Färbung und Fixierung (III, IV) vielfach als Grundlage für die Beurteilung der Präparate benutzt wurden.

Bütschli (II, p. 61) wirft mir weiter vor, dass ich (II, p. 28) „lakonisch" bemerkte: „Auf die Wabenstruktur einzugehen, war nicht beabsichtigt". Bütschli sagt, dass er das recht gern glaube, „denn nachweisen zu wollen, dass auch die Wabenstruktur nur eine plasmolytische Erscheinung ist, wäre doch etwas zu schwer geworden". Es wäre wohl das Angemessenste über diesen Witz mit einem — hinwegzugehen, wenn diese Bemerkung Bütschlis nicht zeigte, wie wenig er die Tragweite plasmolytischer Erscheinungen zu beurteilen versteht und wie er Centralkörper und Wabe nicht zu trennen vermag. Es heisst doch nicht: aut Centralkörper, aut Wabe, sondern aut Wabe, aut Nichtwabe, d. h. irgend ein anderer feinerer Bau des Protoplasmas und aut Centralkörper und Rinde, aut andere Gruppierung im Protoplast, z. B. Kern, Zellsaft und Wandbeleg.

Da nun meine plasmolytische Methode über dieses letztere wohl Auskunft zu geben vermag, aber nichts über den feineren Bau des Protoplasmas erkennen lässt, wie das für jeden Kenner dieser Erscheinungen selbstverständlich ist, so war ich in vollem Recht, wenn ich nur das eine und nicht auch das andere behandelte.

Bütschli bespöttelt deshalb auch ganz grundlos, meine stark gefärbten Präparate und meine Figuren, an

denen von Waben nichts zu sehen sei. Ich besass auch damals schon schwachgefärbte Präparate genug, um das zu sehen, was Bütschli Waben nennt, hatte aber keinen Grund, auf diese Bilder damals einzugehen, weil ich nicht die allgemeine Frage der Wabenstruktur der lebenden Substanz, sondern nur die spezielle der Gliederung des Bakterien-Protoplasten auf Grund der Plasmolyse bearbeiten konnte.

Leider sind auch die Zeichnung in Bütschlis zweiter Abhandlung derartig schematisiert, die Wabenstruktur so übertrieben, dass es unmöglich sein wird, die einzelnen Abbildungen zu diskutieren. Ebenso sind die Grenzen zwischen Centralkörper und Rinde viel schärfer hervorgehoben, als es der Wirklichkeit entspricht, so scharf umschriebene abgerundete Ganze, wie die Centralkörper der Chromatien in den Figuren 1, 2, 3, 6, 7 (II, Taf. III) hat Bütschli sicher nicht gesehen, wie auch die Photogramme (II, Taf. I, 1 u. 5) zeigen.

Bütschli beklagt selbst den schlechten Ausfall der photographischen Tafeln, immerhin deuten sie aber doch das, was er wirklich gesehen hat und sehen konnte, viel zuverlässiger an als die schematisierten Abbildungen.

Man vergleiche auch A. Zimmermanns (I, p. 159, 161) Bemerkungen über Bütschlis Photographien.

Ich habe durch einen geübten Zeichner möglichst naturgetreue Bilder nach meinen Präparaten und Skizzen anfertigen lassen. Dank dem Entgegenkommen des Herrn Verlegers und dank dem vortrefflichen Zeichner und Lithographen glaube ich Abbildungen vorlegen zu können, die das wirklich zeigen, was zu sehen ist.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

I. Wert der färbungsanalytischen Methode.

Der Beurteilung gefärbter Präparate legen wohl gegenwärtig die meisten Histologen die chemische Theorie der Färbung zu Grunde, die trotz der scharfsinnigen Bekämpfung Gierkes (p. 188 f.) den Sieg über die von ihm vertretene physikalische Theorie davon getragen hat. Da ich in einer Abhandlung über die Zelle und die Methoden ihrer Untersuchung ausführlich auf die Färbungstheorie eingehen werde, so will ich hier nur soviel anführen, als zur Kritik der vorwiegend färbungsanalytischen Beweisführung Bütschlis notwendig ist. Wenn die Aufnahme von Farbstoff durch Gewebselemente ein chemischer Vorgang ist, wenn also chemische Verbindungen zwischen Farbstoff und Gewebe entstehen, dann würde ein Hauptsatz der Färbungstheorie etwa so zu lauten haben: Wenn zwei Gewebselemente sich gleich färben, so sind sie auch gleich, d. h. bestehen aus denselben Stoffen. Oder umgekehrt: Derselbe chemische Körper, z. B. Nuclein oder Eiweiss, färbt sich mit demselben Farbstoff, da eben eine chemische Reaktion vorliegt, in der gleichen Weise. Wenn Färbungsdifferenzen auftreten, so sind sie der Ausdruck einer stofflichen Verschiedenheit der Gewebselemente.

Diese Sätze spiegeln sich wieder in den zahlreichen „Philien", die von den Histologen aufgestellt worden sind. Acido- und Basophilie, Erythro- und Cyanophilie, Safrano- und Gentianophilie etc., sie alle haben, wenn sie nicht bloss oberflächlich die vorliegende Färbung mit dem gerade benutzten Gemische bezeichnen sollen, den tiefen Sinn der chemischen Verwandtschaft zwischen Farbstoff und Zellbestandteil.

Die physikalische Theorie der Färbung arbeitet mit den Begriffen der Oberflächenattraktion und der Adsorption und sieht in den Färbungsdifferenzen, gleichviel ob sie durch simultane Färbung aus Gemischen oder durch successive Färbung mit eingeschalteter, partieller Entfärbung erzielt worden sind, nur den Ausdruck physikalischer Differenzen. Die Deutungen, die von diesem Standpunkte aus gefärbten Präparaten gegeben werden können, sind natürlich viel bescheidenere als bei chemischer Grundlage der Färbung.

Mit Hülfe einer neuen Methode habe ich 1895 (IV, p. 773) gezeigt, dass die meisten Differenzierungsfärbungen nur physikalische Reaktionen sein können. Ich habe seitdem viel neues Beweismaterial für diese Auffassung gesammelt, aus dem ich hier nur einen Fundamentalversuch hervorheben möchte.

Eine dreiprozentige wässrige Albumoselösung (Deuteroalbum.) wird von Hermannscher Lösung (Platinosmiumessigsäure) in stattlichen Granulis, eine auf $^1/_{10}$ verdünnte Lösung aber nur noch in winzigen, kokkenähnlichen Körnchen ausgefällt. Mischt man auf einem Deckglas beide Fällungen miteinander und trocknet sie hier ein, so hat man ein Präparat desselben chemischen Körpers, Platinosmiumalbumose, mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften, bedingt durch die verschiedene Grösse der Granula. Mit vielen der üblichen Färbungsmethoden lassen sich jetzt leicht Doppel-

färbungen erzielen. So erhält man mit Flemmings Safranin-Gentiana die grossen Körner rot, die kleinen violett (Fig. 54, Taf. III), wendet man umgekehrt erst Gentiana und nach der Differenzierung mit Säurealkohol Safranin an, so sind die grossen Granula violett, die kleinen rot (Fig. 55, Taf. III).

Derselbe chemische Körper also verhält sich nach meinem Belieben safranophil oder gentianophil; die Philie ist beliebig umkehrbar genau wie bei den Mitosen, z. B. in Wurzelspitzen, wo man auch, von der üblichen Reihenfolge Safranin-Gentiana abweichend, die Chromosomen violett, das andere rot färben kann.

Mit Altmanns Säurefuchsinpikrinmethode würden die grossen Granula (aus 3 % Albumose) fuchsinophil erscheinen, die kleinen (aus 0,3 % Albumose) entfärbt sein. Auch die Eisenalaunhämatoxylinmethode, ferner Grams Färbung und Ziehls Methode würden die grossen Körner gefärbt, die kleinen entfärbt und einer Kontrastfärbung zugänglich zeigen.

Auch Delafields Hämatoxylin mit nachfolgender Differenzierung und Eosinfärbung würde die grossen Körner blau, die kleinen rot erscheinen lassen.

Statt Hermanns Flüssigkeit würde man auch Osmiumsäure allein oder Altmanns oder Flemmings Lösung u. s. w., kurz eine der Fixierungsflüssigkeiten anwenden können, die wie ich gezeigt habe (III, IV) die Albumose in Granulaform fällen. Für Delafields Hämatoxylin empfehlen sich die schwer auswaschbaren Lösungen weniger, gut dagegen ist 0,5 Chromsäure. Ein Gemisch dadurch gefällter Albumosegranula (5 % — 0,5 % Albumose) in verdünntem, angesäuertem Hämatoxylin gefärbt, stellt Fig. 57, Taf. III dar: die grossen Körner schön blau, wie Kerne, die kleinen fast gar nicht gefärbt. Die-

selbe Mischung nach Gram gefärbt, stellt die Fig. 56, Taf. III dar.

Auch Hämoglobin (2 u. 0,2 %) mit Alkohol granulär ausgefüllt, giebt die gleichen, auf physikalischen Differenzen beruhenden Doppelfärbungen. Nur wäre zu bemerken, dass die Hämoglobingranula wenig energische Lösungen schwer aufnehmen, was wohl mit der leichten Abspaltbarkeit des Eisens zusammenhängen mag. Dieses würde, durch Alkohol gelockert, nicht mehr rein chemisch, sondern durch Adsorption gebunden sein und so den Platz für eine Farbstoffspeicherung versperren, genau so wie schlecht ausgewaschene Fixierungsmittel.

Bei allen den geschilderten Versuchen kann doch von einer chemischen Ursache der Färbung und der Färbungsdifferenz keine Rede sein, nur physikalische Qualitäten entscheiden. Unter diesen sind bisher nur diejenigen des zu färbenden Objektes selbst, hier der Granula, dort der Gewebselemente erwähnt worden. Sie beruhen in der verschiedenen Grösse und Dichte der Granula. Bei Färbungen mit einfachen Farblösungen sind auch diese physikalischen Eigenschaften der Objekte allein massgebend. Sobald aber Farbgemische benutzt werden, kommen auch die physikalischen Eigenschaften ihrer Komponenten in Betracht. Eine grosse Rolle spielt ihre verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit, so dass geradezu der Satz gilt: „Wer zuerst kommt, malt zuerst“. Die meisten Gemische der Anilinfarben sind, nach der physikalischen Theorie der Färbung beurteilt, ganz irrationell zusammengesetzt, oft ist eine Komponente fast gar nicht gelöst und schwimmt in winzigen Flöckchen in der äusserlich die Mischfarbe zeigenden Lösung. Auch die verschiedene Deckkraft der Farbstoffe ist in solchen empirisch zusammengeschütteten Gemischen nicht berücksichtigt. Bei sorgfältiger Beachtung aller dieser Umstände bieten auch die scheinbar so überraschenden und scheinbar chemisch-elektiven Doppel-

färbungen aus Gemischen der physikalischen Theorie keine Schwierigkeit.

Vorläufig hierfür nur noch ein kurzes Beispiel. Eine frische Mischung von 0,1 % Fuchsin und 0,1 % Methylenblau färbte granulahaltige Gerinnsel, die durch Fällung einer Albumose-Albuminmischung mit Hermannscher Lösung gewonnen waren, chromatophil. Die grossen Albumosegranula tief schwarzblau mit leichtem Stich ins Violett, die Albumingerinnsel rein rot. Lässt man unter dem Mikroskope die Farbmischung zu dem ungefärbten Gerinnsel zufliessen, so wird man sehen, dass das Methylenblau viel schneller in dem Wasser diffundiert als das Rot. So färbt sich zunächst alles, Granula und Gerinnsel, rein blau, und zwar speichern die viel dichteren Granula viel mehr davon als die lockeren Gerinnsel. Nun kommt, vielleicht in 10 — 20 Sekunden, das Fuchsin heran und giebt den dick mit Blau beladenen Granulis einen ganz leicht roten Stich, während in den Gerinnseln das nur locker festgehaltene, vielleicht sogar nur imbibierte Blau durch das nachfolgende Rot vollständig verdrängt wird. Jetzt ist als Ausdruck des eingetretenen Gleichgewichtes die chromatophile Färbung vollendet.

Auch die oben besprochenen Gemische grosser und kleiner Albumosegranula geben mit Fuchsin-Methylenblau chromatophile Doppelfärbungen.

Es bleiben noch die metachromatischen Färbungen übrig. Sie werden erwähnt von Methylgrün und Anilinvioletten, die sicher Farbgemenge sind, von Methylenblau, dessen Einfarbigkeit auch nicht über allen Zweifel erhaben ist, und endlich von Hämatoxylinlösungen, die Bütschli bei seiner Untersuchung besonders benutzt hat. Die üblichen Hämatoxylinlösungen, nach Delafield oder Böhmer, sind gar keine einfachen Farblösungen, sondern Gemische aus dem Farbstoff und einem, seine Nuance beeinflussenden

Körper, Alaun, resp. wenn noch besonders angesäuert wird, Essigsäure. Wie leicht sich diese metachromatischen Hämatoxylinfärbungen physikalisch erklären, mag folgendes zeigen. Eine schön rote Delafieldsche Hämatoxylinlösung färbt in 1 — 2 Minuten z. B. Schnitte aus Wurzelspitzen (Vicia, Alkoholfixierung) durchweg blauviolett, d. h. wenn die Farblösung mit Wasser abgespült worden war. Man wird keine roten Körnchen finden, alle Chromatinfiguren der reichlich vorhandenen Mitosen, das dichte Protoplasma, alles ist mehr oder weniger stark blauviolett gefärbt. Wenn man aber die Farblösung nur mit Fliesspapier abtupft und dann ohne Einschaltung von Wasser und Alkohol in Balsam einschliesst, so ist der ganze Schnitt rot gefärbt. Nirgends ein blaues Fleckchen. Das ist also die ursprüngliche Färbung mit der roten Delafieldschen Mischung, die erst durch das Abspülen mit Wasser gebläut wird. Ist das auch chemisch begründbare Metachromasie?

Noch schönere Resultate geben Paraffinschnitte von Oscillarien (O. anguina, O. Froehlichii). In üblicher Weise gefärbt, abgespült und eingebettet zeigen sie im sog. Centralkörper „rote Körner" (Fig. 40, 43, Taf. II), dessen Grundmasse aber und die Rinde blauviolett gefärbt. Hier ist also schönste metachromatische Färbung eingetreten. Wenn man hier ohne Wasser die Farblösung entfernt und sogleich nach dem Trocknen in Balsam einschliesst, ist alles rot gefärbt, ausser den „roten Körnern" auch Rinde und Grundmasse des Centralkörpers (Fig. 39, 44, Taf. II).

Es liegt also das merkwürdige Ergebnis vor, dass in einem Falle die Körner allein „sauer„ gefärbt sind, im andern Falle alles. Der Unterschied wird hervorgerufen durch das Abspülen mit Wasser, gleichgültig ob Leitungswasser oder destilliertem. Das Wasser wirkt also hier als Differenzierungsmittel derart, dass es aus den weniger dichten Teilen dasjenige herauslöst, was den Farbstoff rötet. Es ist das der Alaun, der ja schon in grossen Mengen in der Dela-

fieldschen Lösung enthalten ist und nun auch noch in dem Objekt gespeichert wird. Die sehr dichten „roten Körner“ speichern davon mehr und fester als der übrige Zellinhalt, dem das Wasser zwar den Alaun, aber nicht den Farbstoff in kurzer Zeit zu entreissen vermag. Es genügt schon eine Befeuchtung von $^1/_2$ Minute. Man kann sehr bequem in dasselbe Präparat ganz rote und metachromatische Schnitte vereinigen, indem man zwei etwas entfernt voneinander aufgeklebte Paraffinschnitte gemeinsam färbt und die Farblösung zunächst mit Fliesspapier wegnimmt. Den einen Schnitt betupft man auf $^1/_2$ bis 1 Minute mit Wasser, den andern lässt man troknen, saugt vom ersten das Wasser weg und schliesst in Balsam ein. Jetzt ist der gespülte Schnitt metachromatisch, der andere durchweg rot gefärbt.

Näher soll an dieser Stelle auf die Hämatoxylinfärbung nicht eingegangen werden. Das Mitgeteilte zeigt deutlich, dass auch die der chemischen Theorie anscheinend so günstige Metachromasie physikalisch leicht erklärt werden kann, und über chemische Eigenschaften von Gewerbselementen nichts aussagt. An künstlichen Granulis und Gerinnseln ist es mir noch nicht gelungen, metachromatische Färbungen mit Hämatoxylin hervorzurufen. Hieraus ergiebt sich aber kein Einwand gegen meine Auffassung, es folgt daraus nur, dass es noch nicht gelungen ist, Objekte mit den erforderlichen physikalischen Eigenschaften herzustellen. Mit Chromsäure gefällte Albumose färbt sich mit Delaf. Hämatoxylin zunächst rein rot und wird erst, genau wie die besprochenen Schnitte beim Abspülen mit Wasser blau.

Die metachromatischen Färbungen mit Methylenblau, die Babes (I, pag. 186), Schewiakoff (p. 15) und andere für Granulationen kleiner Bakterien beschrieben haben, verlangen noch eine besondere Besprechung. Auch unter der Voraussetzung, dass Methylenblau von roten Beimengungen ganz frei

sei, was wohl nicht immer zutrifft, sind die oben erwähnten Doppelfärbungen physikalisch leicht erklärbar. Der von den Autoren hervorgehobene Farbenton „schwarzrot“ (Babes), „purpurrot“ (Schewiakoff), der auch in meinen Abbildungen von Typhus und Cholera (Fig. 77 u. 78, Taf. III) hervortritt und naturgetreu wiedergegeben wurde, erklärt sich durch starke Speicherung des Farbstoffes. Hierdurch werden die Granula fast oder ganz undurchsichtig, man hat unter dem Mikroskope nicht mehr den Farbeneffekt des durch sie hindurchgegangenen Lichtes vor sich, sondern reflektiertes Licht. Festes Methylenblau hat denselben schwarz-rötlichen Schimmer, den die „metachromatisch“ gefärbten Granula zeigen. So fehlt auch hier jede Berechtigung für eine chemische Theorie.

Noch auf einen Punkt sei hingewiesen. Man liest sehr oft, dass die Zellkerne und ihre Chromosomen besonders dem Gehalt an Nucleinkörpern (im chemischen Sinne) ihre starke Färbbarkeit verdanken, die wahrscheinlich auf dem Phosphorreichtum der genannten Stoffe beruhe. Wie unbegründet diese Anschauung ist, geht aus den eben geschilderten Versuchen mit Albumose und Hämoglobin hervor, die beide keinen Phosphor enthalten und chemisch den Nucleinkörpern nicht einmal nahe stehen.

Ferner dürfte aus dem Mitgeteilten sicher hervorgehen, dass der von Vielen, auch von Bütschli gebrauchte Begriff der „Kernfarbstoffe“, zu denen namentlich auch das Hämatoxylin gehören soll, keine Berechtigung hat.

Mit Haemotoxylin und allen anderen Farben färben sich allerdings in tierischen und pflanzlichen Geweben die Kerne besonders stark, aber eine spezifische Reaktion liegt hier sicher nicht vor. Ganz abgesehen davon, dass viele nicht plasmatische Gewebselemente, wie Zellmembranen bei Pflanzen, mancherlei Fasern bei Tieren sich ebenso stark wie die Kerne mit Hämatoxylin färben, ganz abgesehen von diesen bekannten Fällen, sei noch besonders

auf die sog. Nissl-Körper der Nervenzellen des Menschen und der höheren Tiere hingewiesen.

Auch diese Körper speichern Hämatoxylin und andere Farben ebenso stark wie die Kerne. Nun hat zwar Held (p. 409) wahrscheinlich gemacht, dass die Nissl-Körper aus Nucleoalbumin bestehen, er hat aber auch andererseits gezeigt (p. 407), dass diese scheinbaren Organe der Nervenzellen erst durch Fällung gelöster Stoffe bei der Fixierung hervortreten. So würde also auch hier die kernähnliche Färbung gar nichts beweisen über die morphologische Natur der Gebilde.

Ferner färben sich auch die Darmepithelzellen zwischen dem Cutikularsaum und dem tiefer gelegenen Zellkern sehr stark mit Hämatoxylin, an jenen Stellen, wo bei gewisser Behandlung die Altmannschen Granula erscheinen. Auch auf die starke Färbbarkeit des im unteren Ende durch den Schleim zusammengeschobenen Inhaltes der Becherzellen sei hier kurz hingewiesen. Aus dem Pflanzenreiche sei erwähnt, dass das dichte Protoplasma embryonaler Zellen (Vegetationspunkte, Embryonen) sich ebenfalls absolut stark mit Hämatoxylin färbt, nach Schmitz (III, p. 35) auch die Pyrenoide der grünen Algen kernähnliche Tinktionen zeigen.

Allein aus der starken Färbung mit Hämatoxylin folgt sonach über die morphologische Natur eines Zellelementes gar nichts, gleichviel ob es blau oder rot gefärbt ist. Bütschli erklärt die mit Hämatoxylin rot sich färbenden Körnchen in Cyanophyceen und Bakterien für Chromatin ohne jedes Recht, denn anderes Chromatin z. B. in den Mitosen von Wurzelspitzen färbt sich blau. Und wie steht es mit den Granulationen der Cyanophyceen, die rot und blau sich färben, ist darin nur das Rote Chromatin, das Blaue aber trotz aller blauen Chromosomen bei anderen Organismen nicht?

Auch die meisten anderen Forscher, die mit der Kernfrage bei Bakterien und Cyanophyceen sich beschäftigt haben, begründen ihre Schlussfolgerungen oft ausschliesslich auf Färbungsresultate. Zacharias (III, p. 2) nimmt zwar einen Anlauf gegen die chemische Theorie der Färbung, hat sich aber später (VII) ganz auf den Boden dieser Theorie gestellt. Denn seine Chromatophilieversuche (VII) stimmen nicht mehr mit der Bemerkung (III, p. 2) überein: „Uebrigens ist daran zu erinnern, dass man aus einem differenten Verhalten zweier Körper gegenüber einem Färbungsverfahren wie das in Rede stehende (Delaf. Hämat.) wohl schliessen kann, dass die Körper irgendwie verschieden sind, nicht aber umgekehrt aus gleichartigem Verhalten auf Identität."

Hieronymus (II, p. 78) neigt zwar der physikalischen Auffassung Gierkes zu, ohne sie aber konsequent durchzuführen.

Vor kurzer Zeit ist dagegen auch Heine (p. 494) auf anderem Wege zu der Ansicht gekommen, dass physikalische Verhältnisse bei der Färbung den Ausschlag geben.

Es erheben sich an dieser Stelle noch eine Reihe anderer Fragen, die von Anhängern der chemischen Färbungstheorie gestellt werden könnten. Ich muss auf eine spätere Darstellung verweisen, wo genau dargelegt werden soll, dass alle histologischen Färbungen durch ungleiche Adsorption gelöster Stoffe sich erklären lassen, vergleichbar den bekannten Adsorptionserscheinungen der Kohle. Hierüber findet man näheres bei Ostwald (p. 1093—1098).

Als Resultat dieser kurzen Darlegung würde hervorzuheben sein:

1. Die Färbung ist kein chemischer Vorgang, sondern ein physikalischer.

2. Aus Gleichheit und Ungleichheit der Färbung ist nur auf physikalische, nicht auf chemische Gleichheit und Ungleichheit zu schliessen.
3. Starke oder metachromatische Färbung sagt weder über die Zugehörigkeit zu irgend welcher Gruppe der Eiweisskörper, noch über die morphologische Wertigkeit eines Zellelementes etwas aus.

Diese Gesichtspunkte werden bei der folgenden Kritik von Bütschlis Schlussfolgerungen anzuwenden sein.

II. Cyanophyceen.

Darin stimmen die meisten Untersucher überein, dass der Zellinhalt lebender Cyanophyceen eine Sonderung in zwei Teile, die gefärbte Rindenschicht und den farblosen Centralkörper (Bütschli), Centralteil (Zacharias) erkennen lassen. In feineren Einzelheiten aber gehen die Ansichten vielfach so weit auseinander, dass deren Zusammenschweissung zu einem unsere heutige Kenntnis der Cyanophyceen wiederspiegelnden Gesamtbild ganz unmöglich ist. Aus demselben Grunde würde eine ausführliche Wiedergabe der Litteratur einen übergrossen Raum einnehmen müssen. Es dürfte sich deshalb empfehlen, die wichtigste Litteratur in jedem der einzelnen Kapitel den neuen eigenen Beobachtungen vorauszuschicken.

1. Gliederung des Inhaltes am lebenden Material.

Wie andere Untersucher konnte ich auch an lebendem Material von Gloeocapsa, Chroococcus, Nostoc, Oscillaria tenuis, Osc. subfusca, Cylindrospermum, Lyngbya, Tolypothrix und Hapalosiphon die Gliederung des Inhaltes in einen gefärbten äusseren Teil, die „Rindenschicht“, und einen

farblosen inneren Teil, den „Centralkörper", deutlich erkennen. Die gefärbte Rinde ist meistens frei von granulären Einlagerungen, jedoch wird man bei jeder der genannten Algen gelegentlich auch einzelne in die Rinde versprengte Granula beobachten. Ja bei einigen, z. B. Tolypothrix ist auch die Rinde meist körnerreich.

Ausserhalb der Rinde lässt sich eine wandständige Lage von Protoplasma nicht unterscheiden, wohl aber dürften die oft zu beobachtenden Körnchenreihen an den Querwänden auf einen solchen protoplasmatischen Wandbelag hindeuten.

Sehr verschiedenartig sieht schon an dem lebenden Material der farblose centrale Teil aus. Oft sind nur Haufen verschieden grosser Granula oder grössere klumpige Massen zu erkennen, durch die die feinen protoplasmatischen Teile gänzlich verdeckt werden. Bei Hapalosiphon traten diese in körnchenfreien Zellen einigemal recht deutlich hervor.

So leicht im allgemeinen der centrale Teil an lebendem Material zu sehen ist, so ungeeignet ist dies aber zur Analyse des Baues, weshalb auf diesen erst in späteren Kapiteln eingegangen werden kann. Merkwürdigerweise lassen nun aber die dicksten Oscillarien, Osc. Froehlichii und Osc. princeps, lebend nur wenig vom Centralkörper erkennen. Bei ersterer wechseln die Bilder ausserordentlich, bedingt durch die wechselnde Menge der Granulationen. Sind weniger da, so tritt zwar bei einer Einstellung in den optischen Durchschnitt der Fäden der ungefärbte centrale Teil gegenüber der schmalen gefärbten Rinde erkennbar hervor, aber doch nicht so deutlich wie bei grossem Reichtum an Körnern. Diese liegen zum Teil auch in Reihen an den Querwänden und ausserdem gehäuft im Innern. Beide Körneransammlungen nun verschmelzen bei den niedrigen Zellen, die hier nur durchschnittlich $^1/_4$ so lang als dick sind, oft zu einem Gesamtbild von verschiedener Form.

Noch weniger sieht man bei lebender Osc. princeps. Selbst Bütschli (II, p. 11, 17) vermochte hier den Centralkörper „schwer oder kaum deutlich“ zu unterscheiden. Deinega (p. 443) konnte nichts davon erkennen. Schmitz (II. p. 197) konnte gelegentlich scharf abgegrenzte Teile im Innern bemerken, diese Gliederung war aber nur „selten eine ziemlich scharfe und bestimmte“ und fehlte den meisten Individuen.

Ich konnte bei Osc. princeps, die ich mehrmals von einem üppigen Standort holte und dann im Zimmer weiter hielt, niemals mehr erkennen, als dass eine schmale gefärbte Rinde sich gegen einen ungefärbten, die Hauptmasse der Zellen erfüllenden Teil mehr oder weniger deutlich absetzte. Dieser innere, von Bütschli als Centralkörper bezeichnete Teil enthielt auch hier sehr wechselnde Mengen granulärer Einlagerungen. Ich habe diese aber niemals sich so häufen sehen, wie bei der kleinen Oscillaria tenuis, bei der, wie bei den meisten Cyanophyceen, gerade durch die Körnchen der Gegensatz zwischen Rinde und centralem Teil besonders verdeutlicht wird.

Wenn man durch Druck auf das Deckglas die dicken Princepsfäden in ihre niedrig-scheibenförmigen Glieder zerlegt, so ist auch, wenn man auf deren Scheibenflächen sieht, nichts weiter als eine dichter maschige, schmale, äussere gefärbte Zone, die Rinde, und die weitwabige breite Partie des ungefärbten centralen Teiles zu sehen. Dieser letztere macht nun auf solchen Scheibenansichten keineswegs den Eindruck eines Kernäquivalentes, sondern viel eher den ungefärbten Protoplasmas, das in sich erst noch einen Kern einschliessen könnte. Davon ist aber nichts zu sehen.

Auch wenn man solche isolierte Scheiben unter dem Mikroskop mit Fixierungsmitteln (Flemmingsche, Hermannsche Lösung, Alkohol, Pikrinschwefelsäure) behandelt, tritt keine weitere Gliederung im ungefärbten Teil hervor. Man vergleiche hierzu die spätere Schilderung der Paraffinschnitte.

Kurz, es macht sich schon bei der Betrachtung des lebenden Materials ein Unterschied zwischen den schmalen und den sehr breiten Formen bemerkbar, bei ersteren tritt stets in dem engen, von der Rinde freigelassenen Raum ein meist körnchenreicher, kernähnlicher Centralkörper hervor, bei den dicksten Formen dagegen verteilen sich die Körnchen in dem sehr breiten, gefärbten Teil dermassen, dass er jede Aehnlichkeit mit einem Zellkern verliert.

2. Verdauungsversuche.

Litteratur. Zacharias, der zuerst derartige Versuche anstellte, fand (I, p. 7 u. VI, p. 6), dass lebende Fäden von Tolypothrix nach 24stündiger Pepsinverdauung dieselben Bilder zeigten, wie unverdautes Alkoholmaterial in verdünnter Salzsäure: „glänzende, scharf umschriebene Körper liegen in blassen, zarten Gerüsten" (I, p. 7). Letztere sind durch die Verdauung substanzwärmer geworden. Bei seiner Oscillaria I traten nach 3tägiger Magensaftwirkung glänzende Gerüste und ringförmige Bildungen von geringerem Glanz auf. Bei Scytonema (I, p. 10) konnten glänzende Gebilde nicht bemerkt werden, wohl aber bei Cylindrospermum und Nostoc. Als Gesamtergebnis seiner Verdauungsversuche führt Zacharias (I, p. 20) an, dass ein Teil des Centralkörpers gelöst wird. In dem ungelösten Rest war eine dem „Plastin" ähnliche Substanz fast immer vorhanden, ein zweiter, dem Kernnuclein anderer Organismen verwandter Körper dagegen tritt nicht so regelmässig auf.

Die mit Methylviolett in lebenden Fäden färbbaren Körnchen des Centralkörpers sollen nach Zacharias (I, p. 10) keine Beziehung zu den nach Pepsinverdauung deutlich hervortretenden glänzenden Körperchen haben.

Die Rindenschicht fand Zacharias nur abgeblasst und aufgelockert, aber nicht verdaut, so dürfte wenigstens

seine Darstellung (I, p. 10) aufzufassen sein. Auch Bütschli (I, p. 29) hat ihn so verstanden.

Bütschli (I, p. 29) kam dagegen zu dem Resultat, dass „die Rindenschicht feiner Oscillarienfäden gänzlich zerstört war, so dass die Centralkörper ganz unregelmässig in den Zellen lagen, ja deutliche Molekularbewegungen ausführten (Fig. 15). In breiteren Fäden war die Rindenschicht gleichfalls gelegentlich ganz geschwunden (Fig. 13b), andere Male hingegen noch in Resten erhalten". Immer wurde nach Bütschli (I, p. 29) der Centralkörper durch die Verdauung deutlicher, so dass diese bei sehr dünnen Fäden zur genaueren Untersuchung des C. überhaupt notwendig wurde. Ein ziemlicher Teil des C. scheint Bütschli gelöst zu werden.

In seiner neueren Abhandlung werden zwei Fälle (Taf. II, 34, Taf. IV, 10) mit nicht völlig verdauter, ein anderer (Taf. II, 35) mit völlig gelöster Rinde abgebildet. Zunächst interessieren besonders die Fälle, wo die Rinde ganz verdaut sein soll (I, Fig. 13b, 15; II, Taf. II, Fig. 35), da sie ja einen wesentlichen Gegensatz zwischen Rinde und Centralkörper festzustellen scheinen. Aber leider nur scheinen, denn die angebliche Verdauung der Rinde beruht auf einer Täuschung. Bütschli hat eine Wirkung der Verdauungsflüssigkeit übersehen, von der auch Zacharias nichts erwähnt; sie sei als enzymatische Kontraktion bezeichnet.

Neue Versuche. Wenn man lebende Fäden der dicken Oscillaria princeps 24 Stunden in Magensaft verdaut, so wird man überrascht sein über den Erfolg. Der Inhalt erfüllt nicht mehr die ganzen Lumina der Zellen, sondern ist kontrahiert, ein guter Teil der Zelle ist ganz leer, auch durch Färbung ist hier nichts mehr nachzuweisen. Es sieht so aus, als ob der am lebenden

Material nicht unterscheidbare Centralkörper Bütschlis allein übriggeblieben, die Rinde ganz verdaut wäre. Dabei liegen die scheinbaren Centralkörper ganz unregelmässig in den Zellen, zeigen auch Einstülpungen, als ob direkte Teilung vorläge. Die gleichen Bilder erhält man, wenn mit Alkohol (Fig. 6, 7, Taf. I) oder durch heisses Wasser getötetes Material (Fig. 9, Taf. I) verdaut wurde. Da nun bei diesen Tötungsweisen zunächst nur eine schwache Kontraktion des Inhalts eintritt, die oft kaum bemerkbar ist (Fig. 5 u. 8, Taf. I), so musste also das neue Bild durch die Pepsinlösung hervorgerufen sein. Lag nun hier wirklich eine Verdauung vor oder wirkte ein anderer Bestandteil des Magensaftes? Verdünnte Salzsäure allein hatte nicht eine gleiche Wirkung, auch werden getötete Protoplasten durch Salzlösungen, die doch ein frischer Auszug aus Schweinemagen auch enthält, nicht mehr kontrahiert. Es musste eine Wirkung des Pepsins selbst vorliegen.

Es wurde nun ein Objekt gewählt, dessen Bau ganz genau bekannt ist, nämlich Spirogyrafäden, teils lebend, teils durch Alkohol, teils durch heisses Wasser getötet. Auch hier trat dieselbe Erscheinung auf: im unverdauten toten Material reichte der Inhalt bis an die Zellwand heran (Fig. 1 u. 3, Taf. I). im verdauten war eine starke Kontraktion eingetreten (Fig. 2 u. 4, Taf. I). Hier sah man nun deutlich, dass die Verkleinerung des Inhaltes nicht auf einer Verdauung seiner äusseren Schichten, auf einem Abschmelzen von der Oberfläche aus beruhen konnte. Denn die Spiralwindungen der Chlorophyllbänder waren unverletzt vorhanden, nur kontrahiert; der protoplasmatische Wandbeleg überzog nach wie vor den ganzen Inhalt als zarter, etwas aufgelockerter Saum (Fig. 2 u. 4, Taf. I). Kurz, eine Gesamtkontraktion des Inhaltes täuschte eine Verdauung seiner äusseren Schichten vor. Wie stark

diese enzymatische Kontraktion bei Spirogyren ist, zeigt ein Vergleich der Figuren 1 u. 2, 3 u. 4 auf Taf. I.

Worauf diese Schrumpfung beruht, ist nicht so leicht zu sagen. Am wahrscheinlichsten ist, dass das Pepsin aus allen Teilen des Inhaltes Stoffe herauslöst und das übrigbleibende, immer noch sehr substanzreiche Gerippe (Fig. 7, Taf. I) in sich zusammensinkt. Die Kontraktion dauert viele Stunden und ist erst nach 10—12 Stunden vollständig. Sie nimmt später nur noch wenig zu, so dass nach 3tägiger Verdauung die Fäden nicht anders aussehen wie nach 10—20 Stunden.

Auch die scheinbar für Bütschli sprechenden Verdauungsbilder der Oscillaria princeps sind demnach nichts anderes als eine enzymatische Kontraktion des Gesamtinhaltes und geben über dessen Gliederung in Centralkörper und Rinde gar keinen Aufschluss. Mit demselben Recht, mit dem man diese kontrahierten Protoplaste als Centralkörper deuten würde, mit demselben Rechte könnte man auch den Spirogyren einen solchen unverdaubaren Centralkörper zusprechen.

Es wurde nun eine Oscillaria tenuis, lebend, durch Alkohol und heisses Wasser abgetötet, ebenfalls der Verdauung unterworfen. Dieses Objekt lässt ja lebend schon den sogenannten Centralkörper ganz deutlich sehen und giebt prächtige Färbungsbilder. Hier war die Frage, ob Verdauung der Rinde, ob nur enzymatische Kontraktion vorliege, noch unzweideutiger zu erweisen. Auf Taf. I, Fig. 11 ist ein Stück eines 48 Stunden verdauten Fadens von Alkoholmaterial dargestellt. Man sieht wieder eine scheinbare Verdauung der Rinde, die angeblich allein übrig gebliebenen Centralkörper liegen unregelmässig verschoben in den Zellhöhlungen; sie führen auch Molekularbewegungen aus. Würde man mit verdünntem Hämatoxylin färben, so würde die ganze geschrumpfte Inhaltsmasse sich gleichmässig färben, da die Rinde durch die Ver-

dauung an Färbbarkeit gewinnt, der Centralkörper dagegen, wie auch Bütschli (I, p. 29) erwähnt, verliert. Aber dennoch gelingt es schon bei dieser Färbung, die charakteristische Gruppe des Centralkörpers innerhalb der nicht gelösten Rinde zu erkennen. Nimmt man die Eisenalaun-Hämatoxylinfärbung, die noch geringere Dichtigkeitsdifferenzen zur Anschauung bringt als andere Färbungen, so erkennt man deutlich den Centralkörper innerhalb der Rinde (Fig. 11, Taf. I). Auch hier ist also nur eine totale, enzymatische Schrumpfung eingetreten und zwar ist sowohl die Rinde, als der Centralkörper geschrumpft. Nach diesen Erfahrungen, denen sich noch gleiche an Oscillaria Froehlichii, Tolypothrix, (Taf. I, Fig. 10), Lyngbya, Hapalosiphon anreihen, bedaure ich auch Bütschlis vollständige Verdauung der Rinde nicht anerkennen zu können, und auf enzymatische Kontraktion zurückführen zu müssen. Bütschlis Fig. 15 (I) scheint sogar eine Andeutung dieses nur übersehenen Verhältnisses zu geben, jedoch ist auch diese Figur zu schematisch, um eine Interpretation zu gestatten.

Dass Bütschli keine deutliche Färbungsdifferenz zwischen Centralkörper und Rinde des kontrahierten Inhalts bekam, beruht eben in den durch die Verdauung verschobenen Dichtigkeitsdifferenzen, denen eine einfache Färbung mit Delafields Hämatoxylin nicht mehr gewachsen ist.

Mit diesen Beobachtungen dürfte Bütschlis Annahme, dass auch durch Verdauungsversuche die Deutung des Centralkörpers als eines Kernes sich weiterhin stützen lasse, widerlegt sein. Allzugrosse Tragweite hat zwar Bütschli selbst diesem Beweismittel nicht zuerkannt, immerhin bildet es aber doch ein Glied in der Kette seiner Trugschlüsse. Noch einige Worte über das eine von Bütschli (II, p. 27, Taf. IV. Fig. 10) gegebene Verdauungsbild. Hierüber heisst es in der Figurenerklärung, die Rinde sei nicht völlig verdaut, im Text wird von

einem „etwas kontrahierten Weichkörper“ gesprochen. Hier hat doch Bütschli die enzymatische Kontraktion vor sich gehabt, aber ihre Bedeutung gar nicht erkannt, denn es ist von der citierten Fig. 10, Taf. IV, in der ganzen Arbeit nicht wieder die Rede. Der „etwas kontrahierte Weichkörper“ wird aber auch auf p. 27 nur erwähnt, seine Entstehung bei der 48stündigen Verdauung mit keiner Silbe erörtert.

Auch Zacharias hat die enzymatische Kontraktion übersehen, seine Abbildungen (I, Fig. 16 u. 42) von verdauter Tolypothrix deutet er (I, p. 7, 19) so, dass die Rinde ganz blass sei nach Färbung mit Essigcarmin, von dem Centralteil aber derbere Gerüste mit stärker gefärbten Teilen von unregelmässiger Gestalt und Anordnung hervorträten. Alles das, was Zacharias hier als Centralteil deutet, ist nicht dieser allein, sondern der ganze enzymatisch kontrahierte Inhalt überhaupt. Dass dessen Kontraktionen wirklich so stark ausfallen, wie die Figuren andeuten, ist nach meinen Mitteilungen über Spirogyren und Oscillaria princeps nicht wunderbar und auch aus Fig 10, Taf. 1 zu ersehen. So zeigt besonders auch die mit R bezeichnete Stelle der Fig. 42 bei Zacharias ganz deutlich noch das gegenseitige Verhältnis zwischen Rinde und Centralteil.

An anderer Stelle hat Zacharias (VI, Taf. IV, 8) für Oscillaria eine schwache Kontraktion abgebildet mit deutlicher Scheidung zwischen Rinde und Centralkörper. Im Text (VI, p. 18) wird hierauf nicht weiter eingegangen. Ich habe bei Tolypothrix Aegagropila und T. lanata genau die gleichen Bilder erhalten wie Zacharias, nur vermochte ich mit der Eisenalaun-Hämatoxylinfärbung Rinde und Centralkörper des stark kontrahierten Inhaltes noch gegeneinander zu differenzieren (Fig. 10, Taf. I).

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

2. Rindenschicht und Chromatophor.

Litteratur. Da die Rindenschicht allein den Farbstoff enthält, so fragt es sich, ob man sie als Chromatophor auffassen soll. Mit den Chromatophoren anderer Pflanzen würde aber die grüne Rinde nur dann vollständig übereinstimmen und zu vergleichen sein, wenn sie wie jene als selbständiges Organ in das Cytoplasma eingebettet wäre; es müsste also zwischen der Zellwand und der grünen Rinde noch farbloses Cytoplasma, ein protoplasmatischer Wandbeleg, vorhanden sein.

Zacharias (I, p. 5) konnte davon nichts erkennen, hält es aber nicht für unmöglich. Bütschli (II, p. 22) vermochte keine hyalinen Plasmalagen ausserhalb der Rindenschicht zu sehen, hielt aber dennoch den Vergleich mit einem Chromatophor für berechtigt. Nach Zukal (II, p. 3) fehlt in der Regel ein höher organisiertes Chromatophor, es ist nur Rindenschicht vorhanden. Bei einer dickfädigen Oscillaria will Zukal (II, p. 2) aber einen Primordialschlauch zwischen Zellwand und Rinde gesehen haben.

Nadson (I, p. 70) meint, dass die Rinde zugleich als Cytoplasma und Chromatophor fungiere. Palla (p. 530) bezeichnet die grüne Rinde als Chromatophor und vermutet, dass es nach der Zellwand und nach dem Centralkörper zu durch farblose Plasmaschichten abgegrenzt ist, unmittelbar beobachten konnte er sie aber auch nicht. Auch Hieronymus (I, p. 476) betrachtet die grüne Rinde als ein echtes Chromatophor. Die abweichende Ansicht Deinegas über das Chromatophor ist bereits von Zacharias (II) und auch von Bütschli (II, p. 18) widerlegt worden. Chodat konnte an Chroococcus (II, p. 637) eine Gliederung in gefärbte Rinde und farbloses Centrum nicht erkennen und glaubt, dass den Cyanophyceen eine

solche überhaupt fehlt. Der Farbstoff selbst soll nach Bütschli (II, p. 21), Nadson (p. 70), Palla (p. 528) in den Wabenwänden, nicht in den Safträumchen zwischen ihnen enthalten sein. Ob er hier noch an besondere kleine Grana gebunden ist, wie Hieronymus vermutet, ist zweifelhaft.

Protoplasmatischer Wandbeleg. Auch mir ist es nicht gelungen, am lebenden oder gefärbten Material einen die Rinde umgebenden Wandbeleg zu erkennen, dennoch zweifle ich nicht, dass er vorhanden ist. Es wäre zunächst hervorzuheben, dass auch Schmitz (III, p. 25) bei einigen Chlorophyceen eine solche plasmatische Umhüllungsschicht des Chromatophores nicht nachweisen konnte, während doch für diese Algen es nicht zweifelhaft sein kann, dass ein Primordialschlauch vorhanden ist.

Wie schon erwähnt, halte ich die Aufreihung von Körnchen an den Querwänden der Cyanophyceen für ein Zeichen, dass hier ein dünner farbloser Plasmasaum sich findet. Ausserdem spricht aber das plasmolytische Verhalten der Cyanophyceen dafür. Da bei Lyngbya, Oscillaria tenuis und verschiedenen anderen das Chromatophor ein nach den Querwänden zu offener Hohlcylinder ist, in dem der sogenannte Centralkörper steckt, so würde, wenn kein protoplasmatischer Wandbeleg das Ganze umschlösse, hier gar kein solches osmotisches System vorhanden sein wie bei anderen Pflanzenzellen. Es würden die Cyanophyceen dann auch nicht so plasmolysierbar sein, wie sie es, übereinstimmend mit anderen Pflanzenzellen, sind. Der Inhalt der Cyanophyceen zieht sich in 5 % Salpeter allseits von der Wand zurück unter allen Erscheinungen einer echten Plasmolyse, nicht bloss einer durch Wasserentziehung herbeigeführten Schrumpfung. Wie bei den Bakterien geht auch hier die Plasmolyse schneller zurück als bei anderen

Pflanzenzellen, woraus aber nicht auf einen abweichenden Bau, sondern nur auf eine abweichende Permeabilität der Plasmahaut geschlossen werden darf.

Aber auch bei denjenigen Cyanophyceen, wie Hapalosiphon, wo das Chromatophor nicht immer die Gestalt eines offenen Hohlcylinders hat, sondern auch an den Querwänden vielleicht ganz geschlossen ist, also tonnenförmig wird — auch hier verläuft die Plasmolyse so, dass ein Primordialschlauch angenommen werden muss.

Isolierung der Chromatophoren mit Flusssäure. Es ist in vorstehenden Zeilen die grüne Rinde bereits als Chromatophor bezeichnet worden, was jetzt noch gerechtfertigt werden muss.

Aus den Abbildungen verschiedener Autoren (Nadson, Taf. V, 39, 53, 54; Palla, Taf. XXV, 35, 41; Zacharias I, Taf. I, 19, 20) geht hervor, dass in cylindrischen Zellen, wie Lyngbya, Oscillariaarten, Aphanizomenon, Tolypothrix, der Centralkörper von Querwand zu Querwand reicht, die grüne Rinde ihn aber nur als offenen Hohlcylinder umschliesst. Auch an gefärbten Präparaten ist das sehr schön zu sehen (Fig. 20, Taf. I, Fig. 28, 30, 31, 47, 51, Taf. II).

Schon hieraus würde man die Gestalt der Chromatophoren ableiten können. Sie festzustellen, gelingt aber noch auf einem anderen Wege, nämlich durch Isolierung der Chromatophoren mit konz. Mineralsäuren, besonders mit Salz- und Flusssäure.

Die Chlorophyllfäden lebender Spirogyren schrumpfen in konz. Salpetersäure, Salzsäure und Flusssäure zwar etwas, behalten ihre Form aber sehr gut, werden nicht gelöst, während besonders von Flusssäure der grössere Teil des übrigen Inhaltes zerstört wird. Es sei bemerkt, dass Pringsheim (p. 295) die Chlorophyllkörper in $^1/_5$ verdünnter Salzsäure „keine wesentliche Veränderung weder in

ihrer Form, noch in ihrer Struktur" annehmen sah. Selbst 6 und 8 Tage langes Liegen in der immerhin noch sehr starken Säure brachte keine Veränderung hervor, wie aus Pringsheims Figuren (Taf. XVIII, 2 und 3) hervorgeht. Ferner löst nach A. Meyer (p. 23) rauchende Salpetersäure die Gerüste mit Alkohol extrahierter Chlorophyllkörper nicht.

Halbverdünnte Schwefelsäure und konz. Salpetersäure eignen sich zur Isolierung der Chromatophoren am wenigsten, weil sie vom übrigen Inhalt zu wenig lösen. Sehr gut ist schon konz. Salzsäure, am besten Flusssäure. Mit ihr werden im Platintiegel die lebenden Objekte leicht erhitzt, vielleicht bis zu dreimaligem leichten Aufwallen. Damit ist die Isolierung vollendet. Bei verschiedenen Objekten bleiben auch hier verschieden grosse Reste des anderen Inhaltes zurück, in einigen Fällen treten auch körnige Ausfällungen auf; in anderen aber erscheinen die Chlorophyllkörper vollkommen isoliert. Es wurden Kontrollversuche mit Spirogyren, Zygnema, Mesocarpus, Cladophora, Vaucheria, Closterium und den Blättern von Funaria angestellt, stets mit dem Erfolg, dass die Chlorophyllkörper allein schön erhalten waren, alles andere entweder geschwunden oder auf nicht störende Reste reduziert.

Näher auf andere Wirkungen der Flusssäure auf lebende Zellen einzugehen, würde hier zu weit führen. Für die Zwecke der vorliegenden Arbeit genügt es, gezeigt zu haben, dass die Flusssäure und neben ihr auch die Salzsäure zur Isolierung der Chromatophoren verwendet werden kann. Nur von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich, die mitgeteilten Beobachtungen aufnehmen zu wollen.

Auch bei Oscillaria tenuis und Lyngbya stagnina gelingt es durch Flusssäure die Chromatophoren vollkommen zu isolieren. Da konz. Salzsäure ebenfalls die sog. Chromatinkörner und die anderen Massen des Centralkörpers

herauslöst, so folgt schon hieraus, dass nicht reine Silikate vorliegen können.

Auch die Beobachtung von Zacharias (I, p. 10), dass die glänzenden Massen des Centralkörpers nach dem Glühen nicht mehr zu bemerken waren, spricht dagegen. Auch ich habe Tolypothrix, Oscillaria tenuis und eine Lyngbya verascht, ohne mich von dem Zurückbleiben der Centralkörpermassen oder eines anderen Bestandteiles der Zelle sicher überzeugen zu können.

Die Flusssäure löst den ganzen Centralkörper, Gerüst und „rote" Körner der Oscillaria tenuis und der Lyngbya heraus, es bleibt vom ganzen Inhalt ein ringförmiges Gebilde zurück: das Chromatophor (Fig. 17 und 18, Taf. I). Man erkennt eine fein radiäre Streifung oft in grosser Schärfe, wie auch die Figuren zeigen. Jedoch möchte ich einstweilen die Flusssäurepräparate für eine Untersuchung der allerfeinsten Struktur des Chromatophors nicht benutzen, sondern nur zur Feststellung seiner Form. Es ist bei beiden Cyanophyceen ein an den Querwänden offener Hohlcylinder, so dass bei querer Lage ein Loch die Stelle kennzeichnet, wo der Centralkörper lag. Dieser steckt also wie ein Kolben in dem beiderseits offenen Rohre des Chromatophors und setzt sich nach aussen in den zarten, nicht sichtbaren und nur durch die Körnchenreihen angedeuteten protoplasmatischen Wandbeleg fort.

Von dem Centralkörper und sonstigen Inhalt ist nach Flusssäurewirkung gewöhnlich gar nichts mehr zu erkennen; alle Färbungsmittel sind, selbst bei stärkster Tinktion, nicht imstande, das Loch in dem leicht färbbaren Chromatophor irgendwie zu färben.

Es dürfte aus diesen Beobachtungen mit aller Sicherheit hervorgehen, dass bei Oscillaria tenuis und Lyngbya ein echtes hohlcylindrisches Chromatophor vorhanden ist, womit auch die obenerwähnten Bilder von lebendem und gefärbtem Material übereinstimmen.

Grössere Oscillarien, wie Osc. Froehlichii und Osc. princeps, gaben mit Flusssäure keine so klaren Bilder, da hier auch vom übrigen Inhalt mehr oder weniger grosse Reste übrigblieben, auch körnige Fällungen entstehen. Eine Abbildung der Osc. princeps (Fig. 38, Taf. II) zeigt aber so viel, dass auch hier eine schmale hohlcylindrische, besser ringförmige Zone am Rande am widerstandsfähigsten ist, es ist das wiederum das Chromatophor. Oft ist auch hier dieses allein übriggeblieben, bald als Ring, bald aufgerissen, als aufgerolltes oder geschlungenes Band. Auch Tolypothrix Aegagropila (Fig. 15, Taf. 1) und T. lanata (Fig. 16, Taf. I) geben nach Flusssäurewirkung schöne Isolierungsbilder des Chromatophors. Dieses ist auch hier hohlcylindrisch, greift aber an den Querwänden über und ist bis auf eine schmale Durchtrittsstelle für den Protoplast geschlossen, also tonnenförmig. Ueber sein Verhalten bei der Teilung vergleiche man das Kapitel über die Grundmasse der Centralkörper. Wechselnd ist die Gestalt des Chromatophors bei Hapalosiphon, worüber man ebenfalls das Kapitel über die Teilung und die Fig. 20—23, Taf. I vergleichen wolle.

Andere Gestalten des Chromatophors als den offenhohlcylindrischen und tonnenförmigen, resp. hohlkugeligen wurden bisher noch nicht beobachtet, so dass bei den Cyanophyceen keine solche Vielgestaltigkeit vorzukommen scheint wie bei den Chlorophyceen.

4. Granulationen.

Litteratur. Fast unentwirrbar erscheinen die Widersprüche zwischen den einzelnen Autoren betreffs der Granulationen der Cyanophyceenzelle als sprechender Beweis dafür, wie unzuverlässig und vieldeutig die mikrochemischen und farbenanalytischen Methoden sind, die zu ihrer Unterscheidung benutzt werden.

Selbst über die Lage der Körner gehen die Ansichten auseinander. Palla (p. 527, 531) und Stockmeyer (p. [103]) behaupten, dass im Centralkörper Bütschlis Granulationen gar nicht vorkommen, dass dessen rote Körner nicht in, sondern auf dem Centralkörper liegen. Hiernach würde also der Sitz der Körner der zarte Wandbeleg und das Chromatophor sein, denn alles, was innerhalb des letzteren liegt, ist doch der Centralkörper im Sinne Bütschlis. Pallas Ansicht, der auch Bütschli (II, p. 30—32) entgegentritt, dürfte sicher auf einem Irrtum beruhen.

Nach allen anderen Beobachtern kommen Körner sowohl in der Rinde, als im Centralkörper vor.

Bütschli selbst unterscheidet zwei Arten von Körnern, die einen, die Reservekörner Nadsons, liegen in der Rinde, färben sich nicht mit Hämatoxylin (II, p. 42), wohl aber mit Eosin. Sie sind in lebenden Zellen meist sehr deutlich zu sehen und liegen besonders in Reihen an den Seitenwänden. Die andere Sorte, die sog. roten Körner, färben sich mit Hämatoxylin rot oder rotviolett und werden von Bütschli und Nadson als Chromatinkörner aufgefasst. Sie liegen vorwiegend im Centralkörper, jedoch gelegentlich und vereinzelt auch in der Rinde (II, p. 41).

An die Körner knüpft sich eine sehr heikle Färbungsfrage. Bütschli fand dieselben roten Körnchen auch in den Kernen von Flagellaten (I, p. 31), der Blutkörperchen des Frosches und, allerdings mit weniger deutlicher Rotfärbung durch Hämatoxylin, auch in den Kernen pflanzlicher Epidermiszellen, eingebettet in ein blau sich färbendes Gerüst (I, p. 36). Diese Befunde an unzweifelhaften Kernen sollten besonders die Deutung des Centralkörpers als eines Kernäquivalentes unterstützen. Später (II, p. 41) bemerkte aber Bütschli, dass auch im Plasma von Diatomeen, Flagellaten und anderen niederen Organismen

dieselben roten Körner vorkommen, die vereinzelt auch in der Rinde der Cyanophyceen erscheinen.

Bütschli giebt selbst zu (II, p. 41), dass dieses extranucleäre Vorkommen der roten Körner einige Zweifel an ihrer Chromatinnatur aufkommen lassen könnte, worauf schon Hieronymus (I, p. 472) und Mitrophanow (p. 510) hingewiesen hätten.

Hier scheint also Chromatin auch ausserhalb des Kernes vorzukommen, was doch nach der herrschenden Ansicht bedenklich wäre.

Bütschli kommt über diese Schwierigkeit mit einem kleinen Taschenspielerstückchen hinweg. Die extranucleären roten Körner lebender Diatomeen färben sich nämlich mit Methylenblau ebenfalls rot, die intranucleären aber, so weit das im blaugefärbten Kern feststellbar ist, blau. Hieraus schliesst nun Bütschli (II, p. 41), dass die beiden Körner trotz gleicher Färbung mit Hämatoxylin verschieden sind, dass die extranucleären kein Chromatin sind. Lebendfärbung der Centralkörper mit Methylenblau gab auch eine blaue Färbung seiner „roten Körner", wie bei den Kernen der Diatomeen. Merkwürdigerweise fehlt nun eine Angabe darüber, wie die roten Körner der Rindenschicht mit Methylenblau sich färbten, ob rot oder blau? Aber auch abgesehen von dieser Lücke, hat die ganze Beweisführung eine andere sehr schwache Seite. In dem einen Fall wird aus der Rotfärbung mit Hämatoxylin auf Gleichheit der Körner geschlossen (Kerne der Diatomeen und Centralkörper), im anderen Falle verhindert aber die gleiche Färbung nicht daran, die Körner für verschieden zu erklären (Kerne und Plasma der Diatomeen). Trotz aller Methylenblaufärbung ist ein solcher Schluss mit der chemischen Färbungstheorie, mit der Anerkennung von Kernfarbstoffen und der ganzen farbenanalytischen Beweisführung Bütschlis nicht verträglich. Welchen Wert sollen z. B. die roten Körner im Centralkörper von Chromatium

haben, die sich nach Bütschlis eigener Angabe (I, p. 13) mit alkalischem Methylenblau rot färben? Ist das auch kein Chromatin?

In der Unterscheidung der Körner stimmen Bütschli und Nadson überein. Die Arbeiten von Zacharias beschäftigen sich, da sie vor Bütschlis Arbeit erschienen sind, nicht mit dessen roten Körnern, sondern behandeln nur die von Schmitz als Schleimkugeln bezeichneten Gebilde der Rinde (I, p. 12). Er hält es für wahrscheinlich, dass sie aus einem Kohlehydrat bestehen. Dazu kommen dann noch die klumpigen Massen, auch nucleolenartige Körper, die Zacharias im centralen Teile fand.

Palla unterscheidet die in verdünnter HCl unlöslichen Schleimkugeln nach Schmitz, die sich mit Methylenblau blau, mit Hämatoxylin aber rot färben, aber nicht im, sondern auf dem Centralkörper liegen sollen (p. 532). Sie würden Bütschlis Chromatinkörnern des Centralkörpers entsprechen. Ausserdem redet Palla noch von festen Körnern, in HCl löslich, die mit Methylenblau sich nicht, mit Hämatoxylin langsam rein blau färben. Er nennt sie Cyanophycinkörner (Borzi). Sie würden den Reservekörnern Nadson-Bütschlis zuzurechnen sein.

Chodat und Manilesco (p. 109) konnten bei zahlreichen Cyanophyceen nur eine Art von Körnern unterscheiden, die sich einer grossen Zahl von Farbstoffen, besonders auch dem Haematoxylin gegenüber, gleichartig verhielten. Die genannten Autoren heben auch hervor, dass die Granulationen in jungen Zellen erst entstehen und mit dem Alter an Zahl und Grösse zunehmen. Irgend welchen Anteil an dem Teilungsvorgang der Zellen haben diese Körner, die den Autoren eiweissartige Reservestoffe zu sein scheinen, nicht; auch können sie nicht dem Chromatin echter Kerne gleichgestellt werden.

Hieronymus (I, p. 478) hält die Cyanophycinkörner für Chromatin. Zukal endlich (II, p. 3) hält die

in HCl löslichen, mit Hämatoxylin blau werdenden Körner, die er auch als Cyanophycinkörner bezeichnet, für Zellkerne.

In Zukals Arbeiten treten sowohl über die Löslichkeit der Granulationen in HCl, als auch über ihre Färbbarkeit grosse Widersprüche auf. So sollen (II, p. 3) die Cyanophycinkörner in HCl sich leicht lösen, nach anderen Stellen (I, p. 310) nur quellen oder (II, p. 5) nur teilweise sich lösen. Ferner werden von Zukal (II, p. 3) die Körner als cyanophil bezeichnet, sie sollen sich nicht bloss mit Hämatoxylin allein, sondern auch mit Farbgemischen (Methylenblau-Fuchsin, Eosin und Hämatoxylin) blau färben. An einer anderen Stelle (II, p. 8) sollen dieselben Körner im Frühjahr zuweilen erythrophil sein. Endlich heisst es von den Körnern von Tolypothrix, Oscillaria, Rivularia Stigonema und Chroococcus, (Zukal I, p. 309), dass sie sich am leichtesten mit Eosin und Safranin färben, weniger leicht mit Hämatoxylin und Gentiana, sehr gut aber mit alkalischen Methylenblau, auch nach der Gramschen Methode. Kurz, es ist unmöglich aus Zukals Angaben einen einheitlichen Charakter der Granulation herauszufinden.

Auch über die Osmiumsäure lauten die Angaben verschieden, Zacharias (I, p. 6) beobachtete bei Tolypothrix geschwärzte Tröpfchen nur in der Rinde, nicht im Centralkörper, Marx (p. 14) giebt für Oscillarien Schwärzung an, Deinega (p. 450) fand keine Färbung.

Selbst die einfache Jodfärbung hat Widersprüche ergeben; nach Deinega (p. 450) färbt Jod nicht, nach Zacharias (I, p. 7 u. 9) ist es für verdaute Fäden von Tolypothrix und Oscillaria wahrscheinlich, dass die Granulationen des Centralkörpers nicht gefärbt werden, ebensowenig die glänzenden Körnchen an den Querwänden lebender Oscillarien (I, p. 13). Hier tritt aber beim Zusatz von Schwefelsäure Braunfärbung ein. Ebenso verhalten sich die peripheren Körner von Scytonema.

Die Beobachter der Granulation spalten sich demnach in zwei Gruppen. Die einen (Hieronymus, Zukal, Deinega, Chodat und Manilesco) halten alle Granulationen für gleichartig, die anderen (Bütschli, Palla, Nadson) unterscheiden mindestens zwei Gruppen, wenn man von den plasmatischen Mikrosomen Nadsons absieht. Nur Palla versucht auch ein mikrochemisches Merkmal aufzustellen, die Löslichkeit in 0,3 HCl, die Cyanophycinkörner Pallas sind darin leicht löslich, die Schleimkugeln gar nicht. Im übrigen dient aber zur Charakterisierung der zwei Granulasorten wieder allein das Färbungsvermögen, besonders das Verhalten zu Hämatoxylin.

Die chemische Natur der Körner wird ebenfalls verschieden gedeutet. Die Chromatinkörner sollen, wie schon ihr Name sagt, aus nucleinartigen Körpern bestehen, die Reservekörner werden von Bütschli (II, p. 43) nicht für ein Kohlehydrat gehalten, ohne nähere Auseinandersetzungen über ihre Natur. Palla (p. 534) hält seine Cyanophycinkörner (gleich Reservekörner) für das erste sichtbare Assimilationsprodukt, also wohl ein Kohlehydrat. Deinega (p. 450) betrachtet alle Granulationen als ein Isomer der Stärke, Zacharias (I, 14) vermutet ebenfalls in den Körnern an den Querwänden ein Kohlehydrat, während er in den körnigen Massen des Centralkörpers (I, p. 21) stets Plastine daneben auch Nucleine erkennen zu können glaubt. Folgende Tabelle mag die Orientierung erleichtern und zugleich zeigen, wie gross die Verwirrung ist, hervorgerufen durch das blinde Vertrauen in die Eindeutigkeit mikrochemischer und farbenanalytischer Resultate.

Uebersicht über die Granulationen der Cyanophyceenzellen.

Autor	Lage	Hämatoxylin	Natur	Name
Bütschli, Nadson	Rinde	O.	Kein Kohlehydrat, aber?	Reservekörner
	Centralkörper	rot	Chromatin	rote Körner (Chromatinkörner).
Palla	Rinde	blau	erstes sichtb. Assimilationsprodukt	Cyanophycinkörner
	Rinde	rot	unbestimmt	Schleimkugeln.
Zacharias	Rinde	—	Kohlehydrat?	Körner
	Centralkörper	—	Plastin u. Nuclein.	Centralteil pr. p.
Deinega	Rinde und Centralkörper	— —	Isomer der Stärke	Körner.
Hieronymus	Rinde und Centralkörper	—	Chromatin	Cyanophycinkörner.
Zukal	Rinde und Centralkörper	blau	Chromatin (Zellkerne!)	Cyanophycinkörner.
Chodat und Manilesco	Rinde und Centralkörper	gleich blau	Eiweissreservestoff	Granula.

1. Lage der Granulationen.

Der Raum innerhalb der grünen Rinde, des Chromatophores, ist bei allen Cyanophyceen der Ort für die Ablagerung der Granulationen, die hier freilich in sehr wechselnder Menge sich finden, selbst, wie schon von Zacharias, Palla hervorgehoben wurde, in den Zellen desselben Fadens. Zwischen ganz körnchenfreien Centren und dichtkörnigen giebt es alle Ueberzüge.

Ein zweiter Ort, der, unter denselben Schwankungen wie der centrale Teil, für die Ablagerung der Granulationen dient, sind die schmalen Zonen an den Querwänden.

Die grüne Rinde selbst ist meist frei davon, aber nicht immer, bald sind nur einzelne Körner dorthin versprengt, bald ist sie, wie oft bei Tolypothrix, Hapalosiphon, vollgestopft damit.

Die fast typische Körnchenfreiheit des Chromatophores würde der Annahme, dass die Körnchen aufgespeicherte Assimilationsprodukte sind, nicht entgegenstehen. Denn wenn auch bei den Chlorophyceen und den höheren Pflanzen die Stärke regelmässig in den Chromatophoren entsteht und hier zuerst sichtbar wird, so liegt bei Euglena das Paramylon, bei Florideen und Phäophyceen (Ectocarpus), die sog. Stärke, doch stets ausserhalb der Chromatophoren. Sie entsteht nach Schmitz (III, p. 153, 154) stets zunächst in deren unmittelbarer Nähe, aber doch ausserhalb und häuft sich dann im ganzen übrigen Zellraume an. Es würde bei den Raumverhältnissen einer Cyanophyceenzelle auch ausserhalb des Chromatophores nur der centrale Raum und der Wandbeleg an den Querwänden zur Aufspeicherung von Assimilationsprodukten verfügbar sein. Die Körnchenverteilung würde sich dadurch schon vollkommen erklären lassen.

2. Mikrochemische Reaktionen der Granulationen.

Die bisher von den Untersuchern veröffentlichten Reaktionen der Granula und klumpigen Massen gestatten nicht einmal eine Entscheidung darüber, ob ein Kohlehydrat oder ein sticksoffhaltiger Körper vorliegt. Man steht ja nicht bloss den Granulationen der Cyanophyceen so ratlos gegenüber, auch die oben schon erwähnte sog. Florideen- uud Phäophyceenstärke ist noch ganz unbekannt. Selbst die Granulationen in den Leukocyten

der Warmblüter hat man chemisch noch nicht genau definieren können.

Da man immer mehr zu der Ansicht neigt, dass Protoplasma und Kernmasse weder aus reinem Albumin, noch reinem Nuclein, sondern aus höheren Komplexen beider, den Nucleoalbuminen bestehen, so tappt die mikrochemische Untersuchung aller Zellelemente, die Proteinkörpereigenschaften verraten, vorläufig vollkommen im Dunkeln. Auch die von Zacharias, Zukal und anderen mitgeteilten chemischen Reaktion der Granula zielen darauf ab, bestimmte Eiweisskörper der physiologischen Chemie, z. B. Albumine und Globuline, Nucleine etc. einzeln herauszulösen. Bei deren Vereinigung zu Nucleoalbumin von ganz unbekannten Eigenschaften, vielleicht von sehr launischer Beständigkeit, können alle solche Versuche, selbst wenn sie viel ausgedehnter vorgenommen würden, nur zu unsicheren und irreleitenden Resultaten führen.

Ich möchte von mikrochemischen Reaktionen hier nur das erwähnen, was für spätere Untersucher von einigem Wert sein könnte. Eine systematische Untersuchung der chemischen Natur der Granulationen scheint mir zur Zeit aussichtslos.

Osimumsäure, Jod. Die Granulation lebender Fäden von Hapalosiphon pumilus sehen alle ganz gleichartig aus, erfüllen den Raum innerhalb der Chromatophoren oft vollkommen, drängen sich oft auch in diese ein und treten meist bis an die Querwände heran. Auch in den Initialen der Seitenäste ist die Verteilung der Granula die gleiche. Mit Jodjodkalium färbt sich nur ein Teil der Körner stark braungelb, ein anderer Teil bleibt auch nach 24 h. Wirkung der Jodlösung ungefärbt. Beide Körnerarten liegen bunt durcheinander. Werden die Fäden vorher mit Alkohol behandelt oder lebend verdaut, so tritt dann keine Jodfärbung mehr ein. Es ist nicht möglich zu entscheiden,

ob die Körner gelöst sind oder nur durch Denaturierung ihre Fähigkeit mit Jod sich zu färben, verloren haben. Mir schien es, als ob das letztere der Fall wäre. Dieselben Körner, die sich mit Jod färben, schwärzen sich mit Osmiumsäure (1 % oder Altmanns Bichromatosmiumgemisch Fig. 52, Taf. II). Auch diese Reaktion bleibt am Alkoholmaterial aus. Merkwürdig ist, dass Flemmingsche Lösung, die doch auch Osmiumsäure enthält, zwar die Gerbstoffvakuolen von Mesocarpus noch schön schwärzt, aber nicht die Körner von Hapalosiphon.

Es dürfte sich das wohl dadurch erklären, dass die Chromsäure des Gemisches die Körner schneller verändert als das Kaliumbichromat in Altmanns Gemisch, so dass im ersten Falle die langsamer wirkende Osmiumsäure nicht mehr reduziert wird, im letzten Falle aber das Bichromat mit seiner Wirkung nachhinkt.

Kaliumbichromat, Eisenchlorid und Methylenblau geben mit den durch Osmium sich schwärzenden, durch Jod bräunenden Körnern keine Reaktion auf Gerbstoffe. Anderseits giebt Alkanna auch keine Fettfärbung. Da die mit Osmiumsäure geschwärzten Körner in Xylol unlöslich sind, ebenso auch die Jodfällung der Körner dauerhaft ist, wie mit Jodalkohol fixiertes Material zeigt, so sind auch Fette ausgeschlossen.

Merkwürdig ist, dass ähnliche mit Osmiumsäure sich schwärzende Granulationen, die sicher nicht aus Fett oder Gerbstoffen bestehen, auch sonst vorkommen. So erwähnt Korschelt (p. 8, 18) aus reifenden Eiern eines Käfers (Dytiscus marginalis), dass breite Strassen solcher Kügelchen von den Nährzellen nach den Keimbläschen vordringen. Beachtenswerter noch scheint es, dass R. Heidenhain (p. 80 — 86) in den Leukocyten der Dünndarmwand, besonders reichlich bei der Verdauung, ebensolche Granulationen, die mit Osmium sich

schwärzen und doch kein Fett sind, beobachtete. Heidenhain vermag nicht zu sagen, woraus diese Leukocytengranula bestehen, ihr Zusammenhang mit der Resorption der Eiweisskörper dürfte aber wahrscheinlich sein.

Ich habe noch verschiedene Reaktionen versucht, aber ohne einen sicheren Anhalt für die chemische Natur der fraglichen Körner von Hapalosiphon zu bekommen. Millons Reagenz löst sie augenblicklich auf, ebenso konz. Salpetersäure, ersteres erzeugt aber später granuläre Fällungen. Vereinzelte durch Osmium sich schwärzende Körner sah ich auch bei Osc. Froehlichii und Chroococcus, während bei Tolypothrix, wo sie Zacharias (I, p. 6) in der Rinde beobachtete, ich keine finden konnte. Dagegen enthielt Osc. tenuis wieder viel solcher Körner wie Hapalosiphon; Osc. princeps und Gloeocapsa fehlten sie.

Da sie nach Fixierung mit Pikrinschwefelsäure, Jodalkohol, auch wohl Alkohol noch vorhanden sind und sich nun auch ebenso färben, wie die anderen, nicht mit Osmium sich schwärzenden, so ist auch hierdurch eine neue Quelle von Täuschungen gegeben, wie ein Vergleich der Fig. 52 u. 53, Taf. II, zeigt.

Es scheint, dass auch diese Körner bald reichlich vorkommen, bald fehlen und zeitweise vielleicht bei allen Cyanophyceen zu finden sind.

Wenn Osmium keine Schwärzung hervorruft, dann giebt es auch keine mit Jod sich färbenden Körner, so bei Tolypothrix, Oscillaria princeps, Gloeocapsa. Tolypothrix gab nach Alkoholbehandlung mit Jod in sehr vielen Zellen eine diffuse Glykogenfärbung, worauf schon Bütschli (I, 17; II, 43) hingewiesen hat.

2. **Konzentrierte Essigsäure** wirkt nicht auf alle die Körner und Massen der Centralkörper gleichmässig, die sich mit Hämatoxylin rötlich färben. Bei Lyngbya wird ein Teil der Körner gelöst, es bleiben schöne Ringköner zurück, bei

anderen, dagegen z. B. Osc. tenuis und Froehlichii, Tolypothrix schien die Essigsäure ganz wirkungslos geblieben zu sein. Bei Hapalosiphon waren durch die Essigsäure die Granulationen zu grossen kernähnlichen Massen zusammengeklumpt, Auch eine Ausfällung scheint mir hier nicht ausgeschlossen.

3. **Mineralsäuren,** wie 50% Schwefelsäure, konz. Salpeter- und Salzsäure, besonders aber Flusssäure lösen die Granulationen von Tolypothrix und Hapalosiphon meist vollständig heraus. Die Flusssäure, deren Wirkung auf die Chromatophoren schon oben geschildert wurde, löste bei Tolypothrix, Osc. tenuis, Lyngbya und Anabaena alle Granulationen glatt heraus. In anderen Fällen, z. B. bei Osc. Froehlichii und princeps, stellenweise auch bei Tolypothrix entstehen nachträglich wieder granuläre Ausfällungen. Verdünnte Salzsäure (0,3%) löste bei Tolypothrix sehr verschiedenartig, worüber im nächsten Abschnitte.

4. **10% Soda** löste bei Tolypothrix, Osc. princeps, Froehlichii, tenuis die Granulation nicht, ja vielfach schien es, als ob ihre Zahl durch Ausfällungen vermehrt wäre. Ueber den Umschlag in der Hämatoxylinfärbung siehe nächstes Kapitel.

5. **5%—0,5% Kali** gaben zweifelhafte Resultate, bald vollständige Lösung, bald nicht.

6. **Magensaft** löst nicht, siehe Verdauungsversuche.

Soviel dürfte aus diesen wenigen Angaben schon hervorgehen, dass die Granulationen trotz gleicher Färbung keineswegs immer aus demselben Körper bestehen. Fette und Gerbstoffe konnten nicht nachgewiesen werden, ob aber Kohlehydrate oder Eiweisskörper oder beide nebeneinander vorliegen, muss unentschieden bleiben. Man wird sich damit begnügen müssen, die Granulationen als Assimilationsprodukte aufzufassen, die bald dicht gedrängt sich anhäufen, bald fast vollkommen verschwinden können.

Dafür, dass Reservestoffe vorliegen, spricht einmal die Beobachtung von Zacharias (I, p. 15 ff.), dass unter gewissen Kulturbedingungen die Körner und Massen des Centralkörpers verschwinden, unter anderen wieder erscheinen, und zweitens auch, dass die Sporen z. B. von Cylindrospermum oder von Gloeotricha (Palla, p. 539) damit vollgestopft sind.

3. Färbung und Gestalt der Granulationen.

Untersucht wurde mit verschiedenen Fixierungsmitteln fixiertes Material und zwar von jedem Objekte. Es wurden benutzt 96% Alkohol, Jodalkohol nach Bütschli, Pikrinschwefelsäure, konz. wässriges Sublimat, die Gemische Flemmings, Hermanns und Altmanns, ferner in einigen Fällen 4% Formol. Auch Paraffinschnitte wurden von dem verschieden fixierten Material bei Osc. tenuis, Froehlichii und princeps, bei Tolypothrix und Hapalosiphon hergestellt. Unter den Färbungsmitteln wurde Delafields Hämatoxylin bevorzugt, sowohl unverdünnt bei 2—3 Minuten langer Wirkung, als auch auf $^1/_{100}$ verdünnt mit 0,05% Zusatz von Essigsäure und längerer Wirkung, 2—20 Stunden. In beiden Fällen waren die metachromatischen Färbungen gleich schön wahrzunehmen.

Ferner wurden noch angewendet Methylenblau, Grams Methode, die Eisenalaun-Hämatoxylinfärbung, Altmanns Säurefuchsinfärbung mit Pikrindifferenzierung für Granula. Auch Lebendfärbung mit Methylenblau wurde kontrolliert.

Da für die ganze Beweisführung Bütschlis allein die Hämatoxylinfärbung massgebend ist, so soll auch nur diese weiterhin genauer berücksichtigt werden. Von den Fixierungen wird nur Alkohol, Jodalkokol und Pikrinschwefelsäure herangezogen werden.

Alle anderen Fixierungen und Färbungen haben die Resultate der genannten Methoden ganz bestätigt und sollen nicht näher besprochen werden.

Tolypothrix Aegagropila (Fig. 26—35, Taf. II) führt uns sogleich in den Mittelpunkt der ganzen Granulafrage ein. Alkoholmaterial mit Hämatoxylin gefärbt giebt eine grosse Mannigfaltigkeit der Bilder, nicht nur in verschiedenen Fäden, sondern auch in Zellen desselben Fadens. Jedoch verhalten sich oft viele benachbarte Zellen desselben Fadens gleich. Die Mannigfaltigkeit beruht auf der absoluten und relativen Menge und Verteilung der mit Hämatoxylin rot oder blau gefärbten Körner. Den reichsten Typus stellt Fig. 26, Taf. II dar. Zwischen grossen blauen Körnern, die den Cyanophycinkörnern Pallas entsprechen, liegen kleinere reinrote Körner, die Chromatinkörner Bütschlis. Die blauen Körner sind schon in Bütschlis Schema nicht einzuordnen, da nach ihm die Reservekörner sich gar nicht mit Hämatoxylin färben. Schon dieses erste Beispiel zeigt, wie willkürlich Bütschli die Färbungserfolge mit Hämatoxylin interpretiert. Dieses ist doch nach ihm ein Kernfarbstoff, färbt das Gerüst des Centralkörpers blau, die Körner rot. Wenn nun hier bei Tolypothrix zahlreiche blaue Körner im Centralkörper sich finden, so müssten die doch auch als Kernmassen gedeutet werden. Da nun aber dieselben Körner, wie Fig. 26 zeigt, auch in den Chromatophoren vorkommen, so können sie doch hier wohl nicht Kernmasse vorstellen. Oft sind die Zellen bis an die Wand vollgestopft mit solchen blaugefärbten Granulis, bald untermengt mit roten, bald ganz ohne sie.

Anderseits sind auch Zellen häufig, denen blaue Körner ganz fehlen, während (Fig. 27, Taf. II) die roten häufiger und viel grösser sind als sonst. Die grossen daunter haben rundlich-eckige Umrisse und machen den Eindruck von Proteinkrystalloiden. In anderen Zellen

tauchen rote Körnchen nur als winzige Punkte auf und alle anderen Granulationen fehlen.

Kurz, die Verteilung roter und blauer Körner ist eine so mannigfaltige und regellose, dass aus der Färbung gar nichts über die Natur geschlossen werden kann. Auch jede Beziehung zu der Zellteilung fehlt, die körnerarmen Zellen teilen sich nicht weniger wie die körnchenreichen, gleichviel ob rote Körner (Chromatin Bütschlis) vorhanden sind, oder daneben oder allein nur blaue.

Auch eine solche bestimmte Anordnung der Körner, wie Hieronymus (I, p. 479, Taf. XVIII, 29) für Tolyp. tenuis als Centralfadenknäuel darstellt, konnte niemals erkannt werden.

Ich vermag aus allen Bildern nur so viel zu folgern, dass Körner von verschiedenen physikalischen Eigenschaften da sind; die eine Sorte hält neben dem Farbstoff auch die seine Nuance beeinflussende Alaun der Lösung, die andere nur den blauen Farbstoff fest. Weder die eine, noch die andere Färbung sagt über die chemische Natur auch nur das geringste aus.

Färbt man Alkoholmaterial mit Säurefuchsin-Pikrin nach Altmann, so wird man Zellen vollgestopft mit grossen roten Körnern finden, der Lage und Form nach dieselben, die mit Hämatoxylin sich bläuen (Fig. 34, Taf. II). In anderen Zellen liegen ebenso häufig winzige, rotgefärbte Körner (Fig. 35, Taf. II), die wie Uebergänge in anderen Fadengliedern zeigen, allmählich zu den grossen Kugeln heranwachsen. Bei diesem Wachstum ändert sich allem Anschein nach die Dichte, denn die winzigen Kugeln entfärben sich langsamer als die grösseren, die um so schneller sich entfärben, je grösser sie sind.

So wäre sogar die Möglichkeit vorhanden, dass die mit Hämatoxylin rot und blau werdenden Körner verschiedene physikalische Zustände derselben Substanz wären.

Kurz die Färbungsresultate gestatten keine zuverlässige Deutung.

Noch grösser wird die Verwirrung, wenn man mit 0,3 HCl 48 h. lang behandeltes Material mit Hämatoxylin färbt, Nach Palla (p. 532 und 542) müssten sich die durch Blaufärbung als dessen Cyanophycinkörner bestimmbaren Körner gelöst haben, die Schleimkugeln (Chromatinkörner) aber zurückgeblieben sein. Die Fig. 29—31, Taf. II geben drei Zellgruppen eines und desselben Rasens wieder nach 48stündiger Behandlung mit 0,3 HCl. Bald sind die in etwas anderer Nuance blaugefärbten Körner alle noch vorhanden, in Fig. 31 grosse, in Fig. 30 kleine, bald sind (Fig. 29) innerhalb des Chromatophores nur wenige Bröckelchen und Krümel noch durch intensive Färbbarkeit ausgezeichnet. Eine allgemein gleichartige Wirkung der verdünnten Salzsäure ist nicht zu bemerken. Auch die Pepsinderdauung löst die Körner nicht (Fig. 10, Taf. I).

Soda 10 % löst in 48 Stunden die Körner auch nicht (Fig. 32 und 33, Taf. II). Besonders werden auch die an Proteinkrystalloide erinnernden Gebilde nicht gelöst, nur am Rande erscheinen sie feinpunktiert (Fig. 32). Sie können bei flüchtiger Beobachtung den Eindruck von Zellkernen hervorrufen. Wie Fig. 32, Taf. II zeigt, liegen diese Gebilde bald einzeln, bald zu zwei in einer Zelle, sie sind auch (Fig. 19, Taf. I) schon an lebenden Fäden als blasse, kernähnliche Flecken zu erkennen. Auch Palla (p. 542, Taf. XXIV, 18, 19, 22) hat sie bereits beschrieben und zwar als Schleimkugeln, d. h. als mit Hämatoxylin sich rot färbend. Er bemerkte, dass in Zellen, wo sie besonders gross sind, die Cyanophycinkörner fehlen oder sehr klein sind. Palla ist die eckige, krystallähnliche Form dieser Gebilde ganz entgangen. Ich möchte sie für Proteinkrystalloide halten, als eine festere Form von Assimilationsprodukten, die zunächst als Kugeln auftreten. Hieronymus (I, p. 482,

Taf. XVIII, 28) hat dagegen die Krystalloidnatur der genannten Gebilde schon erkannt, er hielt sie für Cyanophycinkrystalle des regulären Systemes. An den mit Soda behandelten Fäden färbt sich das Chromatophor mit Hämatoxylin blassrosa und tritt dadurch deutlicher als sonst, nur vielleicht nicht in seiner ganzen Breite, hervor.

Oscillaria tenuis (Fig. 47—50, Taf. II) enthielt oft sehr merkwürdige Bildungen innerhalb der Chromatophoren, wie Fig. 49 und 50, Taf. II für Paraffinquerschnitte bei Pikrinschwefelsäurefixierung darstellt. Auch bei Jodalkohol oder Herrmannscher Flüssigkeit traten diese plumpen, mehr oder weniger sternförmigen Gebilde, die sich sehr stark färben, gut hervor. Ihnen ist eine gewisse Aehnlichkeit mit Mitosenbildern nicht abzusprechen, Scott und andere scheinen solche Bilder ebenfalls vor sich gehabt zu haben. Ich habe viele hunderte von Querschnitten und auch Längsansichten (Fig. 49, Taf. II) gesehen, konnte aber nicht zu der Ueberzeugung kommen, dass hier irgend ein Teilungsstadium eines kernähnlichen Organes vorliegt. Man sieht in der Fig. 50, Taf. II, wie die plumpen Strahlen der Körper oft tief in das Chromatophor bis an die Zellwand vordringen, wie anderseits kleine Anfänge (*a*) neben ganz ausgewachsenen vorkommen. Ich halte diese Körperchen für drusenähnliche Konkretionen von Proteinsubstanzen, Reservematerial, ähnlich wie bereits für Tolypothrix solitäre Krystalloide erwähnt wurden.

In anderen Fällen wird man diese Körper, die oft sämtliche Fäden einer grossen Flocke erfüllen, nicht finden, sondern nur mehr oder weniger zahlreiche, mit Hämatoxylin rötlichviolett sich färbende Granula, die allem Anschein nach eine Vorstufe der genannten Körperchen sind (Fig. 47, Taf. II).

Die Körnchenreihen an den Querwänden treten bei Jodalkohol- oder Pikrinsäurefixierung und folgender Häma-

toxylinfärbung nicht hervor, wohl aber, wenn mit 4 % Formol fixiert war. Hieraus folgt wieder deutlich, wie die Dichtigkeitsverhältnisse der einzelnen Zellbestandteile durch verschiedene Fixiermittel in verschiedener Weise beeinflusst werden.

Auch durch Sodabehandlung lebender Fäden gelingt es, die Körner an den Querwänden mit Hämatoxylin zu färben (Fig. 48, Taf. II). Man sieht hier auch zahlreiche Körner im Innern, und man würde wieder fragen müssen, was ist davon Kernsubstanz, wenn wirklich die Färbung mit Hämatoxylin darüber entscheiden könnte.

Oscillaria anguina (?) (Fig. 39, 40, Taf. II) wurde bereits auf p. 9 besprochen und schliesst sich in Form und Metachromasie der Granulationen der folgenden an.

Oscillaria Froehlichii (Fig. 41—46, Taf. II) giebt sehr schöne rotgefärbte Körner in dem Centralkörper, z. B. bei Alkoholfixierung. Solche plumpe Massen wie bei Osc. tenuis wurden niemals gefunden, innen waren isolierte Granula in wechselnden Mengen vorhanden, vorherrschend auf den Centralkörper beschränkt, einzelne auch in die Rinde vordringend. Wie der Längsschnitt (Fig. 42, Taf.) II) zeigt, sind die an den Querwänden aufgereihten Körner nicht gefärbt. Wenn man aber lebende Fäden mit Soda behandelt, so treten diese wandständigen Körner bei Hämatoxylinfärbung schön blau hervor und ausserdem erscheint auch die Rinde oft vollgestopft davon (Fig. 46, Taf. II). Endlich färben sich nach Sodabehandlung auch die sonst rot werdenden Körner blau. Ihr Auftreten in der Rinde dürfte sich wohl so erklären, dass gelöste Substanzen durch die Soda in Körnerform gefällt werden. Die Färbung der wandständigen, lebend schon sichtbaren Körner lässt sich verschieden erklären, entweder sie sind nur körnerartig erscheinende Vakuolen mit durch Soda fällbarem Inhalt, oder die Soda verändert ihre Dichtigkeit, macht sie dichter

und zum Speichern von Farbstoff geeignet. Die Blaufärbung der „roten Körner“ beruht darauf, dass die Soda trotz langen Auswaschens doch wieder entsprechend der Dichte festgehalten wird wie jeder andere Stoff, wie die Farbstoffe auch und die eindringende rote Delafieldsche Lösung bläut. Auch in Paraffinschnitten des Alkoholmateriales, deren Granula sich schön rot färben (Fig. 43, Taf, II), kann man durch kurze Sodabehandlung einen Umschlag in der „Chromatophilie“ berbeiführen, ohne dass wirklich eine chemische Veränderung der Körnersubstanz selbst dabei eingreift. Die Granula geben bloss den indifferenten Schauplatz für die Wirkung der Soda auf das Hämatoxylin ab, das man auch im Reagenzglas durch Soda bläuen kann, wobei sehr schnell ein Teil ausgefällt wird.

Wiedcrum zeigt dieses Beispiel, dass aus der Färbung gar nicht auf die Natur der Körner zu schliessen ist. Im Sodapräparat würden alle Körner wegen ihrer Blaufärbung nach Pallas Terminologie als Cyanophycinkörner zu deuten sein, im nicht so behandelten Präparat aber würden die rotgefärbten Körner als Chromatin oder als Schleimkugeln hervortreten, die anderen ganz verschwinden.

Paraffinschnitte bei Jodalkoholfixierung stellt die Fig. 41, Taf. II dar. In dem einen (*a*) sind nur einige rote Körner gefärbt, der andere (*b*) aber ist reich an diesen und besonders auch an grossen blauen, die bis in das Chromatophor hinein geschoben sind. Vergleicht man die beiden Bilder mit einander, so erkennt man, dass die ungefärbten Vakuolen von *a* in *b* mit den blaugefärbten Körnern erfüllt sind. Ob die Körnerform schon vor der Fixierung bestand, oder nur fällbarer flüssiger Vakuoleninhalt da war, lässt sich ohne weiteres nicht entscheiden.

Da bei reiner Alkoholfixierung (Fig. 43, Taf. II) nur rote Körner zu finden sind, so ist es wohl wahrscheinlich,

dass Fällungserscheinungen die abweichenden Bilder hervorrufen. Es scheint mir, als ob der Inhalt der Vakuolen, den Jodalkohol unter Beibehaltung der Form granulär fällt, von reinem Alkohol fein gerinnselig niedergeschlagen wird und so die starke Grundmasse der sog. Centralkörper in der Fig. 43 mit erzeugen hilft.

Man vergleiche auch die Besprechung der metachromatischen Hämatoxylinfärbung auf p. 9.

Oscillaria princeps (Fig. 36—38, Taf. II) bietet nichts Besonderes betreffs der Färbung und Gestalt der stets kugeligen Granulationen dar. Sie finden sich in dem mächtigen Raume innerhalb des Chromatophores überall zerstreut vor, so dichte Anhäufungen wie bei Froehlichii habe ich nicht gesehen, was, wie später gezeigt werden soll, aus den vorhandenen Raumverhältnissen sich erklären lässt. Man vergleiche auch die Abbildungen auf Taf. II und den folgenden Abschnitt über die Grundmasse des Centralkörpers.

Hapalosiphon pumilus (Fig. 51—53, Taf. II) wurde bereits auf p. 37 ausführlich mit seinen 2 chemisch verschiedenen, durch die Färbung allein nicht trennbaren Granulationen geschildert. Hier sei nur nachgetragen, dass bei Alkohol und Jodalkoholfixierung und Hämatoxylinfärbung nur blaugefärbte Granulationen gefunden werden, die vorwiegend innerhalb des Chromatophons liegen, aber auch oft in ihn sich eindrängen. Niemals wurden Krystalloide oder drusenähnliche Körper wie bei Osc. tenuis beobachtet. Auch in den Zweiginitialen, die ihrer Grösse nach vor der Teilung standen, war keine andere Gruppierung oder Form der mit Hämatoxylin sich bläuenden Einschlüsse wahrzunehmen, nirgends eine Andeutung, dass sie bei der Zellteilung irgendwie spezifisch sich verändern oder verlagern.

Andere Formen, wie Lyngbya, Anabaena, Cylindrospermum, Nostoc, Gloeocapsa boten keine anderen Erschei-

nungen der Granulationen dar als die bereits geschilderten. Von Merismopoedia, bei der Nadson (p. 72, Taf. V, Fig. 15 — 18) Verlagerungen der Granulationen während der Teilung beschreibt, konnte ich leider nur wenige Täfelchen einer kleineren Art untersuchen. Hier waren aber Bilder, wie Nadson darstellt, nicht zu sehen.

5. Die Grundmasse des Centralkörpers.

Nach Abzug der im vorigen Kapitel behandelten gröberen Massen, die meist als Granula, zuweilen auch in plumperer Form sternartiger, unregelmässig gelappter Figuren (Osc. tenuis) hervortreten, bleibt innerhalb des Chromatophores noch etwas übrig, was Bütschli dem Kerngerüst vergleicht und hier als Grundmasse des Centralkörpers bezeichnet werden soll. Gerade ihre Blaufärbung mit Hämatoxylin ist es, die Bütschli bei seiner Deutung besonders hervorhebt.

Litteratur. Ueber diese Grundmasse sind die Angaben der Autoren vielfach recht dürftig. Nicht immer ist scharf zwischen ihr und den ihr eingestreuten gröberen Gebilden unterschieden worden. Oft dürften nur die letzteren allein, durch ihre starke Färbung auffallend, als Centralkörper resp. Zellkern gedeutet worden sein, so von Scott, Dangeard.

Zacharias (I, p. 5) sah in günstigen Fällen gerüstartige Bildungen, die er aber nicht als überall vorhandene Grundmasse des centralen Teiles deutet, denn er sagt (I, p. 21), dass die Centralsubstanz meist in Gestalt ganz unregelmässiger Klumpen und zuweilen auch in Form von Gerüsten auftritt, die den Kerngerüsten der Tiere und Pflanzen ähnlich sehen (vgl. auch VI, p. 28). Bütschli (I, p. 28) findet in der Regel ein mit Hämatoxylin sich bläuendes wabiges Grundgerüst, dem die Chomatinkörner

eingelagert sind. Auf seinen Photogrammen (II, Taf. 30—33 und p. 28) treten die dunkelgefärbten Centralkörper gegenüber der schwach gefärbten Rinde zwar sehr deutlich hervor, es ist aber nicht zu erkennen, ob nur die gröberen Einlagerungen den starken Kontrast veranlassten, oder ob auch die wabige Grundmasse ohne Körner sich ebenso stark färbte.

Nadsons Bilder geben die Grundmasse immer sehr scharf wieder und zeigen zugleich deren wechselnde Gestalt, sowie ihre Ausdehnung von Querwand zu Querwand, z. B. bei Aphanizomenon (Fig. 53, 54), bei Tolypothrix (Fig. 39). Sehr merkwürdig ist die riesenhafte Grösse des Centralkörpers in der Spore von Aphanizomenon (Fig. 54 s.) was wohl schon sehr gegen seine Gleichsetzung mit einem Kern sprechen dürfte. Denn echte Kerne wachsen doch nicht so mit ihren Zellen heran wie hier. Aus allen Bildern Nadsons geht hervor, dass die Grundmasse des Centralkörpers den ganzen Raum innerhalb des Chromatophors erfüllt.

Palla konnte weder bei Gloeotricha (p. 526), noch bei anderen Cyanophyceen eine gerüstige Struktur und Granulationen im Centralkörper erkennen, so dass er ihn, als „ein von einer dünnen Membran umgebenes Gebilde mit homogenem Inhalt“ beschreibt (p. 527, 554). Palla hat hier entschieden falsch beobachtet. Deshalb halte ich auch seine Angabe (p. 522, 527), dass in langen Zellen von Gloeotricha 2 und mehr, oft durch Vakuolen getrennte Centralkörper vorkommen sollen, gar nicht für diskutierbar, weder für, noch gegen Bütschli.

Auch die von Palla (p. 535) und früher schon von Zacharias (I, p. 7) beschriebene Lebendfärbung des Centralkörpers mit Anilinfarben dürfte vorwiegend auf deren gröbere Einlagerungen, nicht auf seine Grundmasse zurückzuführen sein, wie auch Chodat (p. 638) annimmt. Diese

Lebendfärbung kann ich nicht so auffassen wie Palla, der hierin ein Abweichen der Cyanophyceen von allen anderen Pflanzen erblicken möchte. Durch Campbell (p. 568) wurde schon früher nachgewiesen, dass lebende Kerne verschiedener Pflanzen ohne Schädigung sich färben lassen, wenn auch viel schwächer als im abgetöteten Zustande. Eine Sonderstellung würden also die Cyanophyceen gar nicht einnehmen. Freilich beweist nun aber die Lebendfärbung überhaupt nichts für und wider die Kernnatur des Centralkörpers, denn Pfeffer (p. 326) fand auch Färbung der Mikrosomen, Granula, Vakuolen des lebenden Protoplasmakörpers. So hat wohl bis auf weitere Untersuchungen die Lebendfärbung keinen Vorzug vor der Färbung fixierten Materials, um so weniger, als die Grenze zwischen Leben und Tod bei den kleineren Cyanophyceenzellen oft schwer festzustellen sein dürfte.

1. Färbung und Gestalt der Grundmasse.

Die stärkere Färbung der Grundmasse (Bütschlis Gerüst) mit Hämatoxylin gegenüber dem durch Alkohol etc. vorher entfärbten Chromatophor bedarf zunächst einer allgemeinen Erörterung. Es könnte ja so sein, dass das Chromatophor sich nur wenig, fast gar nicht färbt, die Grundmasse absolut auch nicht sehr stark, aber doch so, dass ein starker Gegensatz entsteht und dadurch allein die kernähnliche Färbung sich dem Beobachter aufdrängt. Ich habe sehr viele Präparate daraufhin durchgesehen und festgestellt, dass die Grundmasse bald absolut schwach, bald aber auch stark gefärbt ist. In vielen Fällen dürfte das erstere der Fall sein und nur der Kontrast gegen das fast ungefärbte Chromatophor besonders wirken. Die entfärbten Chlorophyllkörper der grünen Algen färben sich nach Schmitz (III, p. 33) meist schneller und intensiver als das Protoplasma. Hier bei den Cyanophy-

ceen ist das meist anders, denn selbst bei längerer Wirkung von Hämatoxylin sind die Chromatophoren gewöhnlich nur wenig gefärbt, in einigen Fällen allerdings auch stark (O. princeps). Es scheint, als ob durch Alkohol die Farbstoffe zwar langsam extrahiert werden könnten, als ob aber doch noch in der Grundsubstanz des Chromatophores eingelagerte Stoffe zurückblieben, die gewissermassen den Platz für eine Speicherung von Farbstoffen versperren. Bei Methoden von starker Färbkraft, wie Anilinwasserlösungen von Gentiana oder Säurefuchsin, oder Eisenalaunhämatoxylin färbt sich auch das Chromatophor ebenso intensiv wie der davon umschlossene Inhalt, bei folgender Differenzierung aber entweichen die Farbstoffe zuerst aus dem Chromatophor. Die Dichte seiner Substanz dürfte also geringer sein, wie die der Grundmasse des Centralkörpers. Auch ist nicht zu übersehen, dass die Grundmasse des Chromatophores oft locker gebaut ist, was auch in Bütschlis freilich stark stilisierten Bildern zum Ausdruck kommt.

Das Gesagte zeigt, dass die schwächere Färbung des Chromatophores auf mancherlei Weise erklärt werden kann. Auch die stärkere Färbung der Grundmasse ist verschieden zu deuten, ohne dass man zu Bütschlis Gleichstellung mit dem Zellkern greifen müsste.

1. **Oscillaria Froehlichii** (Fig. 41—46, Taf. II). Paraffinquerschnitte (Alkoholfixierung) von 4—5 μ Dicke werden wohl meistens gerade eines der scheibenförmigen Glieder enthalten, sicher nur in den seltensten Fällen mehr. Solche Schnitte (Fig. 43, Taf. II) geben mit Delafields Hämatoxylin eine deutliche Färbungsdifferenzierung zwischen dem blasseren Chromatophor und dem mächtigen Centralkörper mit seinen zahlreichen rotgefärbten Granulationen (Chromatin Bütschlis). Sehr merkwürdig ist seine Gestalt. In einigen Fällen erscheint der Centralkörper unregelmässig buckelig-kreisförmig umgrenzt, ohne irgend-

welche Andeutung einer Membran (Fig. 43a). In den meisten Querschnitten aber strahlen von der centralen Masse zahlreiche Fortsätze mehr oder weniger tief in das Chromatophor hinein (Fig. 43b, 44). Es sieht so aus, als ob durch diese Fäden die centrale Masse mit einem protoplasmatischen Wandbelege ausserhalb des Chromatophores verbunden wäre. In allen Fällen fehlt auch hier ein membranartiger Abschluss des Ganzen. Mit weniger stürmisch wirkendem Jodalkohol fixiertes Material zeigte an Paraffinschnitten keine so schönen Ausstrahlungen der weniger stark färbbaren Grundmasse, deren Begrenzung mehr glatt kreisförmig war (Fig· 41, Taf. II). Bei genauerem Zusehen kann man aber auch hier einige fädige Fortsetzungen durch den Chromatophor hindurch verfolgen (Fig. 41a, Taf. II). Die schönen Strahlen des Alkoholmateriales sind insofern Artefacte, als bei der Kontraktion des Inhaltes feine, mit dem äussern Wandbeleg zusammenhängende Fäden nicht abrissen, sondern nur ausgezogen wurden. Vgl. wegen der Grundmasse auch p. 48.

Auch auf Längsschnitten durch das Alkoholmaterial tritt die Grundmasse mit ihren zur Wand auslaufenden Strahlen schön hervor (Fig. 42, Taf. II). Hier zeigt sich auch deutlich, dass die Grundmasse nahezu bis an die Querwände heranreicht, nur eine schmale Zone bleibt übrig. Ich möchte sie für den Wandbeleg halten, da das Chromatophor auch hier ringförmig gestaltet ist.

Ueber die metachromatische Färbung und ihre Bedingungen vergleiche man p. 9.

Oscillaria tenuis (Fig. 47—50, Taf. II). Wenn die bereits p. 45 geschilderten plumpen Massen den Raum innerhalb der Chromatophoren ganz erfüllen (Fig. 49, 50, Taf. II), dann ist von einer besonderen Grundmasse gar nichts zu sehen. Wenn dagegen nur Granula vorkommen dann erscheint ein zartes Gerüstwerk (wabenähnlich), das

sich mit Hämatoxylin stärker bläulich färbt als das Chromatophor, (Fig. 47 ein mit Eisessig 24 h. lang behandeltes Material). Es ist wohl anzunehmen, dass diese Grundmasse auch zwischen den sternförmigen Körperchen steckt, nur gänzlich von ihnen verdeckt wird, ebenso wie z. B. in Kalkoxalatdrusen höherer Pflanzen. Wie Osc. tenuis, verhält sich auch die Grundmasse der auf p. 9 besprochenen Osc. anguina (?) (Fig. 39, 40, Taf. II).

Oscillaria princeps (Fig. 36, 37, Taf. II). Mit besonderer Erwartung unternahm ich das Studium dieser grössten aller Oscillarien, an der (p. 17) im Leben nicht mehr von einem Centralkörper zu sehen ist als ein weitmaschiges, ungefärbtes Gerüstwerk innerhalb der schmalen grünen Rinde. Es wurde fixiert mit 1 % Platinchlorid, 4 % Formol, 3 % Salpetersäure, konz. Sublimat, den Lösungen Flemmings, Hermanns Altmanns, ferner mit Jodalkohol und 96 % Alkohol. Das ausgewaschene Material liess weder sofort, noch auf den durch gelinden Druck erhaltenen Scheibenansichten mehr erkennen als das lebende. Auch die verschiedensten Färbungen an Paraffinschnitten aller der genannten Fixierungen ergaben nichts anderes als die in der Fig. 36 und 37 dargestellten Bilder. Niemals wurde eine so dichte Ansammlung des Inhaltes wie bei Froehlichii (Alkohol) gefunden, niemals waren die Granulationen so gehäuft wie dort. Alles, was zu beobachten ist, ist eine schmale, engmaschige Rinde, das Chromatophor, und der von ihm umschlossene, gleichmässig gebaute und nicht einmal besonders stark gefärbte übrige Inhalt. Er erscheint weitmaschig, ist in Wirklichkeit grossvakuolig (Fig. 36, Taf. II) und enthält bald viel, bald wenig, bald kleine, bald grössere Granulationen. Kurz, man hat den Eindruck, dass hier nur ein kernloser Protoplasmakörper vorliegt, der weder durch seine Färbung, noch durch seine Struktur als besonderes Organ der Zelle irgendwie sich abhebt. In vielen Hunderten von

Paraffinschnitten aller Fixierungen und Färbungen konnte niemals mehr gesehen werden.

Auf diese Thatsache wird bei der Deutung der Cyanophyceenzelle noch genauer eingegangen werden.

Tolypothrix Aegagropila (Fig. 26, 35, Taf. II). Auch hier ist oft die Grundmasse ganz durch die Granulationen verdeckt oder tritt durch besondere Färbung nicht weiter hervor (Fig. 27). In anderen Fällen, so auch nach Behandlung mit 0,3 HCl, sieht man, dass die Granula in eine stärker als das Chromatophor gefärbte Grundmasse, die von Querwand zu Querwand reicht (Fig. 30, 31), eingebettet sind. Endlich kann auch diese Masse allein übrig bleiben (Fig. 29, Taf. II). Man kommt auch hier schliesslich zu der Ueberzeugung, dass nur der innere Teil des Protoplasten, nicht aber ein besonderes, einem Kern vergleichbares Organ der Zelle vorliegt.

Hapalosiphon pumilus (Fig. 20—23, Taf. I; 51—53, Taf. II). Da die Familie der Stigonemeen mit echter Zweigbildung wohl die am höchsten entwickelte der Cyanophyceen ist, so konnte man vermuten, dass bei Hapalosiphon der Centralkörper am meisten einem Kern ähneln würde. Das ist aber nicht der Fall. Oft ist auch hier wegen zahlreicher Körnchen nichts von der Grundmasse zu sehen; dort, wo sie frei liegt, läuft sie meistens als strichförmiges Gebilde von wechselnder Breite durch die ganze Zelle (Fig. 51) oder ist zuweilen auch kürzer. Es wiederholen sich die Bilder, die Nadson (Fig. 53, 54) z. B. für Aphanizomenon, eine der viel tiefer stehenden Nostocaceen, gegeben hat.

Ein Unterschied zwischen den etwas dickeren Hauptfäden und ihren schlankeren Seitenästen ist in Bezug auf die Grundmasse und auf die Granulationen nicht bemerkbar.

2. Verhalten der Grundmasse bei der Zellteilung.

Von allen Beobachtern wird hervorgehoben, dass die sog. Chromatinkörner nicht so rhythmisch, mit der Zellteilung parallel laufend, sich vermehren oder vermindern wie das „Chromatin" echter Zellkerne. So sagt Nadson (p. 71): „Zellen mit verändertem Chromatingehalte verlieren die Fähigkeit nicht, sich durch Teilung zu vermehren." Zacharias (I, p. 21) konnte während der Teilung keine Zunahme von Nuclein feststellen und sieht darin ein gewichtiges Bedenken gegen die Kernnatur des Centralkörpers. Auch Bütschli führt keine Beobachtungen über Zunahme der Chromatinkörner vor oder während der Teilung an. Wiederum ist es also die Grundmasse, deren Verhalten hierbei für die Deutung des Centralkörpers ins Gewicht fallen muss.

Nadson (p. 72), Bütschli (I, p. 19; II, p. 16), Palla (p. 548) schildern, dass der Zellinhalt von der Peripherie aus eingeschnürt wird unter gleichzeitigem Vordringen der neuen Scheidewandanlage und dass schliesslich auch der Centralkörper ohne bemerkbare Umlagerungen oder Strukturveränderungen einfach durchgeschnürt wird. Hierbei hat nur Nadson (p. 72, Taf. V, 15—18, 23—27) bei Merismopoedia und Aphanocapsa bestimmtere Verlagerungen der „Chromatinkörner" beobachtet, die einer Nachuntersuchung mir sehr bedürftig erscheinen.

Die Durchschnürung der Grundmasse durch die vordringende Scheidewand muss schliesslich natürlich zu einem Zustande führen, wo die neuen Teilhälften nur noch durch eine schmale, endlich zerreissende Brücke zusammenhängen, wie Nadson (Fig. 25, 26) für Aphanocapsa abbildet. Solche Bilder beweisen nun aber für die Kernnatur und eine amitotische Teilung gar nichts, denn eine sich teilende Zelle von Cladophora würde kurz vor dem Schluss der neuen

Scheidewand genau so aussehen und hier ist es sicher nur der Protoplast, der solche Bilder giebt, wie Strasburger (Taf. XIII, 21) darstellt.

Oscillaria Froehlichii und princeps mit halbverdünnter Schwefelsäure. Bütschli hat (I, p. 18, 20, Fig. 17; II, p. 16, Taf. IV, 2) eine dicke blaugrüne Oscillaria lebend mit halbverdünnter Schwefelsäure behandelt und will dabei auch besonders deutlich die Durchschnürung des Centralkörpers bei der Teilung beobachtet haben. Der Centralkörper allein (II, p. 17) soll in der Schwefelsäure ziemlich stark geschrumpft sein, während das Gitterwerk der Rindenwaben unverletzt und unverändert sich erhalten haben sollte, wie auch die allerdings schematischen Abbildungen zeigen. Gerade diese Behauptung war es, die mich zu der Annahme verleitete, der Centralkörper der Cyanophyceen sei nur kontrahierter Inhalt, die Rinde nicht mit kontrahierte, an der Wand festhaftende Fäden. Denn halbverdünnte Schwefelsäure ist doch nicht so harmlos und bringt starke Kontraktionen des Gesamtinhaltes, z. B. bei Spirogyra etc. stets hervor

Legt man Fäden von Osc. Froehlichii oder Osc. princeps in 50 % Schwefelsäure, so wird man nach einiger Zeit, sicher nach 4—5 Stunden, den Gesamtinhalt kontrahiert finden (Fig. 12 und 13, Taf, I) mehr oder weniger tief durchgeschnürt, entsprechend dem Teilungszustande der Zellen. Zwischen der Peripherie und dem kontrahierten Inhalt ist gar nichts mehr zu sehen, aber nur so lange die Fäden in der Schwefelsäure bleiben.

Hat man aber die Fäden, ohne sie vorher angesehen zu haben, in Wasser ausgewaschen, so wird man überrascht sein über das mit Bütschlis Beschreibung scheinbar übereinstimmende Bild. Innerhalb einer feinwabigen, gerüstigen, farblosen „Rinde“ liegen die anscheinend sich teilenden und mit Phycocyan gefärbten Centralkörper.

Man vergleiche meine Fig. 14, Taf. I mit Fig. 17 (I) und Fig. 2, Taf. IV (II) bei Bütschli. Die Erklärung hierfür giebt die unmittelbare Beobachtung eines Fadens beim Auswaschen der Schwefelsäure (Fig. 13 und 14, Taf. I). In dieser (Fig. 13) ist von der gerüstigen Rinde gar nichts zu sehen, so wie zu erwarten war, hat sich der ganze Inhalt kontrahiert. Saugt man Wasser durch das Präparat, so wird man in wenigen Minuten rings um den kontrahierten Inhalt einen feinpunktierten Niederschlag entstehen stehen, dessen einzelne Körnchen sich zu einem feinen Netzwerk zusammenlegen (Fig. 14, Taf. I). Der mit dem eigenen Farbstoff gefärbte Centralkörper nebst feinwabiger Rinde (Bütschli I, p. 18) ist fertig. Später, vielleicht nach einer halben Stunde, wird der Niederschlag oft grob granulär.

Leider giebt Bütschli nicht an, ob die Schwefelsäure ausgewaschen wurde und wie lange etwa die Präparate gelegen hatten.

Oscillaria Froehlichii nach der Färbung (Fig. 42 und 45, Taf. II). Auf den Querschnitten ist von der Durchschnürung der Grundmasse natürlich nichts zu sehen, nur vereinzelt wird man Schnitte mit sehr kleiner Grundmasse finden. Sie entsprechen den schmalen Brücken bereits stark durchgeschnürter Grundmassen, wie sie Fig. 45, Taf. II in der Fadenansicht zeigt. Das Bild stammt von Fäden, die 24 h. in Eisessig gelegen hatten und nach dem Auswaschen mit Hämatoxylin gefärbt waren. Irgendwelche Veränderung hatte der Eisessig nicht hervorgerufen. Bei oberflächlicher Beobachtung sieht es so aus, als ob in der Mitte der Grundmassen noch wirkliche Zellkerne lägen. Es sind diese Bilder aber nur dadurch entstanden, dass die roten Körner bei der Durchschnürung der Grundmasse in deren Mitte zusammengedrängt wurden, was ja ohne weitere Auseinandersetzung einleuchten muss. Leider ist

die neue, den ganzen Inhalt durchschnürende Querwand so zart, dass im gefärbten Präparat nichts davon zu sehen ist. Dass aber der Gesamtinhalt, von der Peripherie beginnend, durchgeschnürt wird, zeigen die vorhin geschilderten Schwefelsäurepräparate für Froehlichii sowohl (Fig. 12, Taf. I), als auch besonders für Osc. princeps (Fig. 13 und 14, Taf. I). Bei letzterer waren auch die neuen Querwände schön zu sehen. Auch die Verdauungsbilder von Osc. princeps (Fig. 6, 7, 9, Taf. I) lassen die an der Peripherie, d. h. am Chromatophor beginnende Durchschnürung erkennen.

Bei der Teilung der Oscillaria beginnt also nicht zunächst die Grundmasse des Centralkörpers sich zu teilen, etwa wie der Kern in einer sich teilenden Zelle, sondern der ganze Inhalt wird von aussen durchgeschnürt, vom Chromatophor beginnend und auf den Centralkörper sich fortsetzend. So sind also auch dessen Hförmige Figuren kein Beweis für seine Selbständigkeit, kein Anhaltspunkt für den Vergleich mit einem amitotisch sich teilenden Zellkerne.

Tolypothrix Aegagropila verhielt sich nicht anders wie die Oscillaria. Es sei auf die durch Flusssäure isolierten Chromatophoren (Fig. 15, Taf. I) verwiesen, die ihr Verhalten bei der Teilung gut zeigen. In Fig. 15b sind rechts zwei jüngere Zellen kurz nach der Teilung dargestellt, links dagegen eine gestreckte Zelle mit eben beginnender Durchschnürung des Chromatophores. Die Fig. 15a zeigt ebenfalls gestreckte Zellen, aber ohne den Anfang der neuen Teilung. Auch bei Tolypothrix würde nach der Durchschnürung des Chromatophores der innerhalb desselben gelegene Teil, der sog. Centralkörper, sich anschliessen.

Hapalosiphon pumilus (Fig. 20—23, Taf. I). Diese Stigonemee teilt sich zunächst allgemein senkrecht zur Längsachse der Fäden, sowohl in dem dicken Hauptfaden, als in

seinen dünnen Aesten. Eine beginnende Teilung in letzteren findet man in Fig. 23, Taf. I dargestellt. Die Grundmasse des Centralkörpers würde auch hier nach dem Chromatophor quer durchgeschnürt werden.

In dem Hauptfaden entstehen nun aber die Initialen der Seitenäste nicht bloss durch Teilung quer, sondern auch parallel zur Fadenachse. Da nun auch Hapalosiphon ein hohlcylindrisches Chromatophor hat mit einem meist von Querwand zu Querwand reichenden Centralkörper, so lässt sich eine Längsteilung dem bisher Festgestellten nicht einreihen. Ich hoffte, dass hier besonderer Aufschluss über eine etwaige Organnatur der Centralkörper sich ergeben würde.

Untersucht man eine grössere Anzahl zweigbildender Hauptfäden, so wird man sehen, dass zuweilen alle Glieder eine andere Form des Chromatophores besitzen. Dieses ist nicht offen-hohlcylindrisch, sondern auch an den Querwänden übergreifend und geschlossen, also hohlkugelig, genau hohlellipsoidisch. Wenn jetzt nun eine Längsteilung eintreten soll, so bedarf es nur einer Durchschnürung in der Längsachse, um Chromatophor und Centralkörper genau so zu halbieren wie bei der Querteilung.

Eine eben vollendete Längsteilung mitten zwischen Zellen mit geschlossenem Chromatophor giebt Fig. 21, Taf. I wieder. Wenn dann die so entstandene gestreckte Zweiginitiale senkrecht zum Faden als neuer Ast auswächst, streckt sie sich in dieser neuen Richtung. Der Centralkörper und seine Grundmasse, die erst parallel zur Fadenachse sich ausdehnten, verschieben jetzt ihre Achse um 90°, ohne dass hierbei besondere Vorgänge zu bemerken wären. Die Gestalt der Grundmasse erweist sich vollkommen abhängig von der Gestalt der Zelle resp. ihres Chromatophors.

Man wird nun aber auch Hauptfäden finden mit offen-hohlcylindrischen Chromatophoren. Hier scheint mir der Astbildung stets eine Umgestaltung der Chromato-

phoren vorauszugehen, wie Fig. 20, Taf. I schön wiedergiebt. Die etwas grössere Zelle in der Mitte dürfte eine solche Zweigmutterzelle vorstellen, die nun leicht wieder der Länge nach durchgeschnürt werden kann. Auch durch Querteilung scheinen Zweiginitialen entstehen zu können (Fig. 22, Taf. I), jedoch könnte es auch sein, dass nachträglich die einer Längsteilung entstammenden Tochterzellen sich so verschoben haben, wie Fig. 22 darstellt.

Es bleibt für diese Teilungsvorgänge bei Hapalosiphon noch vieles zu erforschen übrig; hier sollte nur gezeigt werden, dass auch bei dieser hoch organisierten Stigonemee eine kernähnliche Selbständigkeit des Centralkörpers und seiner Grundmasse weder bei der Quer-, noch bei der Längsteilung zu bemerken ist.

6. Deutung der Cyanophyceenzelle.

Litteratur. Alle Teile des Inhaltes einer Cyanophyceenzelle sind von verschiedenen Forschern verschieden gedeutet worden. Die grüne Rinde wird zwar von einigen als echtes Chromatophor aufgefasst, von anderen aber wird dessen Selbständigkeit bezweifelt und der grünen Rinde sowohl die Funktion eines Chromatophores, als auch des Cytoplasmas zugeschrieben. Hierüber vergleiche man Kapitel 3 dieser Arbeit, wo auch der Nachweis erbracht wurde, dass die grüne Rinde wirklich ein echtes Chromatophor ist.

Viel schwankender aber sind die Deutungen des sog. Centralkörpers: so viele Forscher, so viele Deutungen.

Bütschli erklärt ihn auf Grund der Färbungsresultate, denen die Verdauungsversuche nebenbei zu Hülfe kommen sollen, als einen Zellkern, der zwar von den echten Kernen, durch den Mangel einer besonderen Kernmembran und durch einige andere Nebendinge z. B. das Fehlen der mitotischen Teilung sich unterscheide, ihnen

aber doch entspreche (I, p. 28; II, p. 1), gewissermassen als einfachere Bildung, ein „phylogenetischer Vorläufer der typischen Zellkerne der höheren, also diesen homolog“ sei (II, p. 47).

Auch Scott (p. 188, Taf. V, 1—4) deutet die stark färbbaren Massen im Inneren von Oscillaria und Tolypothrix als Kerne und glaubt sogar mitotische Stadien herauslesen zu können.

Aehnlich Dangeard für Merismopoedia.

Zacharias (I, p. 2) hatte bereits vor Bütschlis Arbeit die Frage aufgeworfen, ob der Centralkörper als ein Zellkern aufzufassen sei. Er legt dabei den Hauptwert auf den Nucleingehalt, der z. B. durch Veränderung der Lebensbedingungen ganz entfernt werden könne, was für das Nuclein echter Zellkerne niemals beobachtet worden sei. So massgebend würde freilich dieser Punkt nicht sein, denn Brass (p. 48) konnte durch Aushungern die Kerne von Amöben und Gregarinen „chromatinarm“ machen.

Auch die grossen Schwankungen im Nucleingehalt der Zellen eines und desselben Fadens sollen nach Zacharias bei den Kernen desselben Gewebes nicht vorkommen. Auch die Zunahme des Nucleines während der Teilung echter Kerne vermisst Zacharias bei den sich teilenden Centralkörpern der Cyanophyceen, deren Nuclein (Centralsubstanz) er nicht dem „Kernnuclein“ anderer Organismen gleichstellen möchte. So würde also Zacharias eine Gleichsetzung des Centralkörpers mit einem Zellkern als nicht ausführbar betrachten. Später (V, p. 465) stimmt Zacharias unter Hervorhebung der obigen Bedenken wegen des Nucleines insoweit der Auffassung Bütschlis bei, dass er den Centralkörper als Ausgangspunkt für die Zellkerne höherer Organismen gelten lässt. Auch hält er es für möglich, dass die Funktionen des Centralkörpers, von denen wir allerdings nichts wissen, mit den Funktionen der echten Zellkerne, von denen wir auch nichts wissen,

übereinstimmen. Bütschli (II, p. 48) billigt im ganzen diesen Standpunkt von Zacharias, nur meint er, dass die Verlässlichkeit der mikrochemischen Methode keine allzugrosse sei, und glaubt, dass die gleichstarke Färbung ruhender und sich teilender Centralkörper wenigstens auf keine Abnahme des Nucleins während der Teilung schliessen lasse.

Nach Palla (p. 527, 554) ist der Centralkörper ein Gebilde mit anscheinend homogenem Inhalt und dünner Membran, dem körnige Bestandteile fehlen. Der Centralkörper (p. 556) ist ausgezeichnet durch gänzlichen Mangel eines Chromatingerüstes, Fehlen der Nucleolen und durch direkte Teilung — Eigenschaften, welche ihn von Zellkernen weit entfernen. Es scheint Palla (p. 559) das Angemessenste, den Centralkörper als ein den echten Zellkernen zwar phylogenetisch verwandtes, aber von ihm nicht ableitbares Organ der Cyanophyceenzelle aufzufassen.

Bütschli (II, p. 49) hat mit Recht auf mancherlei Irrtümer in diesen Ausführungen Pallas hingewiesen, was hier wohl nicht wiederholt zu werden braucht.

Nadson spricht, genau betrachtet, in zwei aufeinanderfolgenden Sätzen entgegengesetzte Ansichten aus. Der eine Satz (p. 70): „Der Centralkörper ist kein selbständiges, vollständig abgesondertes Organ des Protoplastes, sondern bietet nur einen centralen Lokalisationspunkt einiger Stoffe im Protoplast dar“ und der folgende: „Der Centralkörper ist eigentlich nichts anderes als die Gesamtheit der mittleren Waben des Protoplastes, welche sich von den äusseren nur dadurch unterscheiden, dass sie einen besonderen, stark färbbaren Stoff enthalten und dass ausschliesslich oder hauptsächlich in ihrer Region die sogenannten Chromatinkörner konzentriert sind“ — diese beiden Sätze lassen doch für eine Gleichstellung des Centralkörpers mit den typischen Zellkernen wenig Hoffnung übrig. Dennoch heisst es (p. 71) im nächsten Satze schon: „Der Central-

körper der Cyanophyceen und der Zellkern anderer Organismen sind Bildungen, welche nicht nur einander entsprechen und vertreten, sondern auch den Hauptzügen nach in vielen Fällen sich nähern." Also im ersten Satze ist der Centralkörper „kein selbständiges Organ", im dritten Satze vertritt er den Zellkern, an dessen Organnatur wohl niemand zweifelt. Die Uebereinstimmung wird, wie der nächste Satz der Zusammenfassung zeigt, nur aus den Färbungsresultaten abgeleitet.

In einem anderen Satze endlich wird hervorgehoben, dass der Centralkörper von einem Zellkern sich hauptsächlich durch die Unbeständigkeit seiner morphologischen Merkmale auszeichnet. Alle diese Sätze Nadsons mit ihren schwankenden Für und Wider veranschaulichen am besten, wie es um die Gleichwertigkeit von Centralkörper und Zellkern steht. Ohne Bütschlis bestimmt formulierte Ansicht würde Nadson wahrscheinlich bei den beiden ersten der citierten Sätze stehengeblieben sein.

Ganz verfehlt ist aber die Heranziehung der Hypo- und Hyperchromatose echter Kerne zum Vergleich mit dem wechselnden Gehalt der Centralkörper an färbbarer Substanz. Wenn Nadson (p. 72) zu der Ueberzeugung kam, dass die für höhere Organismen pathologischen Zustände der Hyper- und Hypochromatose für die Cyanophyceen als „normal und physiologisch" anzusehen seien, so ist darauf nur zu erwidern, dass leere Worte, nichts als leere Worte hinter diesem anscheinend geistreichen Paradoxon sich verstecken.

Bütschli (II, p. 52) bestreitet die von Nadson hervorgehobene Unbeständigkeit der morphologischen Merkmale des Centralkörpers und findet im Gegenteil abgesehen von Grösse und Form eine sehr gute und weitgehende Uebereinstimmung. Jedenfalls übertreffe die Variabilität des Centralkörpers nicht die der echten Kerne, wie ein Vergleich eines Kernes eines reifen Spermatozoons mit dem

reich verästelten mancher Drüsenzellen (Spinndrüsen) lehre. Dieser Vergleich des Centralkörpers, eines Teiles so tief stehender Organismen wie die Cyanophyceen mit den Resultaten der einschneidendsten Arbeitsteilung der hoch differenzierten Organismen ist durchaus unberechtigt. Wenn man echte Kerne auf ihre Unbeständigkeit hin vergleichen wollte, so könnte man das nur mit den Kernen gleich einfacher Zellfäden ohne Arbeitsteilung thun, z. B. mit den Kernen einer Spirogyra oder dergleichen. Hier würde man aber in allen Zellen eine überraschende Gleichheit in Form, Grösse und feinem Bau vor sich haben.

Hegler soll auf der Naturforscherversammlung in Lübeck Präparate demonstriert haben, aus denen hervorgehe, dass der Centralkörper ein echter Kern sei und sich mitotisch teile. Eine Veröffentlichung Heglers wird hoffentlich bald erscheinen.

Deinega hält die Kernfrage für die fadenförmigen Cyanophyceen für unentschieden (p. 450) und kann sich der Ansicht Bütschlis einstweilen nicht anschliessen. Auch Chodat und Manilesco (p. 110) halten den Cenralkörper nicht für ein Aequivalent eines Kernes; später hat Chodat (p. 639) den Centralkörper sogar nur für den vakuolisierten, mit Schleimkugeln beladenen Teil des Inhaltes erklärt, der lebend oft durchweg gefärbt sei und keine Scheidung im Chromatophor und farbloses Innere erkennen lasse. Chodats Mitteilung ist zu kurz, um diese von allen anderen Autoren abweichende Deutung der Cyanophyceenprotoplastes über allen Zweifel zu erheben.

Hieronymus bezeichnet in seiner ersten Arbeit, deren nähere Kritik man bei Bütschli (II) und Zacharias (III) findet, den Centralkörper als einen „offenen Zellkern", später aber (II, p. 76) sagt er, dass der Centralkörper dem Zellkern plus hyalinem Plasma entspreche, dass eine Scheidung in beide noch nicht sich vollzogen habe.

Eine ganz andere, von Bütschli (II) und Zacharias (III) bereits abgewiesene Ansicht vertritt Zukal, der nicht den ganzen Centralkörper, sondern nur seine Cyanophycinkörner, die z. T. den roten Körnern Bütschlis entsprechen, mit Kernen vergleichen möchte und dadurch zu einer höchst sonderbaren Auffassung der Cyanophyceenzelle gelangt.

Ueberblickt man diese kurze Uebersicht, so ergiebt sich, dass ausser Bütschli keiner der anderen Untersucher aus voller Brust den Centralkörper dem Zellkern der höheren Organismen als gleichwertig erachtet, dass jeder mehr oder weniger ernste Bedenken dagegen vorzubringen hat, die freilich mehr oder weniger spitzfindig beschwichtigt werden.

Wie wenig das Verhalten gegenüber den Kernfarbstoffen zur Bestimmung der Kernnatur verwertbar ist, mag schon daraus erhellen, dass die Pyrenoide in den Chromatophoren der grünen Algen, die alle echte Kerne haben, nach Schmitz (III, p. 55) sich gegen Färbungsmittel (Hämatoxylin, Karmin) ganz analog wie die Chromatinkörper der Zellkerne verhalten. Man würde also mit demselben Recht die Centralkörper als Vorläufer der Pyrenoide höherer Algen deuten können.

In der That hält Bütschli (II, p. 22 Anmerkg.) die Frage durchaus für berechtigt, ob nicht der Gesamtkörper der Cyanophyceenzelle einem Chromatophor nebst Pyrenoid zu vergleichen sei. Hierüber ist wohl jede Diskussion überflüssig.

Versuch einer neuen Deutung.

Der Vergleich des Centralkörpers mit einem Kern ruht bei Bütschli neben den Verdauungsversuchen nur auf den Resultaten der Färbung unter der Annahme von Kernfarbstoffen. Da diese aber, wie gezeigt wurde, gar nicht vorhanden sind, da die Verdauungsversuche eben-

falls nicht so ausfallen, wie Bütschli darstellt, so würde zwar dadurch seine Beweisführung widerlegt sein, es bliebe aber immer noch die Frage übrig: was ist der sog. Centralkörper, ist er ein besonderes Organ der Cyanophyceenzelle?

Als besonders unter der Führung von Schmitz bei allen Kryptogamen nach Zellkernen gesucht wurde, tauchten auch verschiedene Male Nachrichten auf über die Zellkerne der Cyanophyceen. Zahlreiche Angaben findet man bei Zacharias (I) zusammengestellt. Immer war es aber nur gelungen, jenen Teil zu verdeutlichen, den Bütschli als Centralkörper bezeichnet.

Auch mir ist es bei ausgedehnter Anwendung von Fixierungs- und Färbungsmethoden, die bei anderen Organismen die Zellkerne bequem und sicher hervortreten lassen, nicht gelungen, mehr als den sog. Centralkörper zu sehen. So dürfte es wohl, auch besonders angesichts der gleichen Misserfolge aller anderen Forscher, unwahrscheinlich sein, dass die Cyanophyceen echte Kerne von der Form und Beschaffenheit wie andere Organismen haben. Und deshalb erhebt sich immer wieder die Frage nach dem Wert des Centralkörpers.

Bei seiner Deutung ist die Gliederung des übrigen Zellinhaltes natürlich massgebend. Da die grüne Rinde als echtes Chromatophor, also als ein selbständiges Organ nachgewiesen worden ist, da ferner ein protoplasmatischer Wandbeleg sicher angenommen werden muss, so stellt der Centralkörper den ganzen Inhalt innerhalb der Chromatophoren dar. Die Granulationen, die, gleichviel ob eine oder zwei oder mehr Sorten unterschieden werden, Assimilationsprodukte und Reservematerial zu sein scheinen, bilden einen wesentlichen Teil des Centralkörpers und sind es besonders, die seine starke Färbbarkeit bedingen. Ihre Ablagerung nicht im Chromatophor, sondern im übrigen Zellraum findet ein Beispiel in der Verbreitung der sog.

Stärke bei den roten und braunen Algen, des Paramylon bei den Euglenen. So erscheint der Centralkörper wie Nadson (p. 70) ganz treffend bemerkt, nur als ein „centraler Lokalisationspunkt einiger Stoffe im Protoplast". Ich füge hinzu, die Grundmasse des Centralkörpers ist weiter nichts als der vom Chromatophor umschlossene Teil des Protoplasten und dient zur Aufspeicherung der Assimilationsprodukte und Reservestoffe. Ein selbständiges Organ der Cyanophyceenzelle ist demnach der Centralkörper nicht.

Um diese Ansicht noch weiter zu begründen, sei noch folgendes hervorgehoben. In den meisten Fällen reicht sowohl die Grundmasse des Centralkörpers, als auch seine Granulationenanhäufung von Querwand zu Querwand (Fig. 26—31, Taf. II Tolypothrix, Fig. 51, 53, Taf. II Hapalosiphon, Fig. 47, Taf. II Osc. tenuis und Fig. 42, Taf. II Osc. Froehlichii). Es bleibt hier an den Querwänden nur Raum für den Wandbeleg, der sich als Grundmasse des Centralkörpers in die Höhlung des Chromatophors fortsetzt. Von diesem letzteren hängt die Gestalt des Centralkörpers ab. Seine Grundmasse erfüllt den ganzen Raum innerhalb des Chromatophores und ist weiter nichts als ein mehr oder weniger weitvakuoliges Protoplasma, das sich etwas stärker färbt wie das Chromatophor. Für feinere Färbungsdifferenzen ist dann die Anhäufung der Granulationen sehr bedeutungsvoll, weil sie durch Druck auf die Vakuolenwände diese dichter und so für die Speicherung von Farbstoffen physikalisch geeigneter machen können.

Das Ungewöhnliche liegt nicht darin, dass diese Grundmasse sich so gut färbt, das hat sie mit verschiedenen Protoplasmakörpern gemein, sondern darin, dass sich das Chromatophor so wenig färbt. Auch ist z. B. bei Osc. princeps (Fig. 36, 37, Taf. II) und auch oft bei Osc. Froehlichii (Fig. 41, Taf. II) die Färbbarkeit der Grundmasse gar nicht gross.

Bei der Konfiguration des Inhaltes spielen die Raumverhältnisse sicher eine sehr grosse Rolle, die an einigen Oscillarien noch zu besprechen ist.

Da es auf absolute Masse nicht ankommt, dürfte es genügen, die Verhältnisse der gleich stark vergrösserten Abbildungen Fig. 36 (O. princeps), Fig. 41 (O. Froehlichii) und Fig. 47 (O. tenuis) zu Grunde zu legen, einfach in Millimeter abgerundet. Die Glieder der Osc. princeps sind dabei circa $^1/_5$ so lang als breit berechnet, die von O. Froehlichii $^1/_4$, die von O. tenuis $^2/_3$. In der folgenden Tabelle ist in Millimeter Länge und Breite der abgebildeten Glieder, Breite des Centralkörpers, sein Volumen und das des Chromatophores, ferner das Verhältniss beider und endlich die Verhältnisse von Chromatophor und Centralkörper der drei Arten auf Osc. tenuis = 1 bezogen, eingetragen. Das Chromatophor wurde als beiderseits offene Röhrenwand, der Centralkörper als darin steckender Vollcylinder berechnet.

Art	Zelle		Breite des Centralkörpers	Volumen des Chromatophors	Volumen des Centralkörpers	Verhältnis Chromat.: Centralk.	O. tenuis = 1.	
	breit	lang					Chromat.	Centralk.
Princeps (Fig. 36)	35	7	33	238 π	1904 π	1 : 8	6	61
Froehlichii (Fig. 41)	20	5	16	180 π	320 π	1 : 1,8	4,6	10
tenuis (Fig. 47)	7,5	5	5	39 π	31 π	1 : 0,8	1	1

Nimmt man an, dass die Assimilationsenergie pro Volumeneinheit des Chromatorphores bei den drei Arten gleich ist, so würde also eine Zelle von Princeps 6mal, eine von Froehlichii 4,6mal so viel Assimilationsprodukte

in gleicher Zeit erzeugen wie O. tenuis. Der Raum, der zur Ausbreitung der dadurch entstehenden Leibessubstanz und zur Speicherung der Reservestoffe innerhalb des Chromatophores vorhanden ist, verhält sich aber wie 1 : 10 : 61, d. h. eine 6mal so grosse Menge von Assimilaten kann sich bei O. princeps auf einen 61mal so grossen, die gleiche also auf den ca. 10fachen Raum ausbreiten als bei O. tenuis. Die gleiche Menge Assimilate und Leibessubstanz würde ferner bei Osc. princeps ungefähr auf einen 6mal so grossen Raum sich verteilen als bei Froehlichii.

So ergiebt sich aus diesem Vergleich, dass bei Osc. tenuis nicht bloss die gespeicherten Assimilationsprodukte (Granulationen) innerhalb des Chromatophores sich dicht drängen werden, sondern dass auch die neue Leibessubstanz auf kleinem Raum, beengt noch durch die Reservestoffe, sich ausbilden und ein dichteres Gefüge annehmen wird. Dem würde eine relativ hohe Färbbarkeit der Grundmasse des Centralkörpers entsprechen.

Im Gegensatz dazu würde bei O. princeps sehr viel Raum zur Verfügung sein, der vom Chromatophor umschlossene Protoplast könnte lockerer sich ausgestalten, die Assimilationsprodukte könnten sich mehr zerstreuen. In der That färbt sich auch die weitmaschige Grundmasse der O. princeps nicht auffallend stark, weniger sogar als das Chromatophor. Auch die Granulationen drängen sich nicht so dicht zusammen.

Auch O. Froehlichii ist lange nicht so günstig gestellt, wie O. princeps und hat einen viel enger maschigen Protoplast als diese, der sich auch kräftiger färbt und oft vollgestopft mit Granulationen ist.

Dieses ganze Schema, mehr kann es nicht sein, veranschaulicht deutlich, wie die Beschaffenheit des Centralkörpers, Körnerreichtum, Grösse der Vakuolen resp. Waben, Färbbarkeit der Grundmasse, d. h. der Vakuolenwände von der Breite und Länge der Cyanophyceenzelle

abhängt. Hieraus allein schon lässt sich die ganze Konfiguration des Inhaltes ableiten, immer unter der durch die Beobachtung festgestellten Voraussetzung, dass die Chromatophoren nicht selbst Speicherungsorgane sind.

Bei allen anderen Cyanophyceen, deren Dimensionen ja nicht an die ungewöhnlichen der Osc. princeps heranreichen, kehren durchschnittlich ähnliche Raumverhältnisse wie bei Osc. tenuis wieder, d. h. der zur Ausbreitung der Leibessubstanz und Aufspeicherung von Assimilaten innerhalb des Chromatophores verfügbare Raum ist gering. Vielleicht erklärt dieses auch die Thatsache, dass die Granulationen hier öfter in das Chromatophor sich eindrängen als bei Osc. princeps.

Noch zu einer anderen Betrachtung regt ein Vergleich der dicken und dünnen Oscillariafäden an. In allen Fällen hat der Centralkörper die Gestalt der Zelle, bei den langgliedrigen ist er gestreckt zur Längsachse, bei den schmalscheibenförmigen zur Querachse. Da man wohl sicher die dünnen Formen als die Stammeltern der extremen wie Princeps ansehen darf, so ist es merkwürdig, wenn ein kernähnliches Organ sich bei der Vergrösserung der Zelle so gewaltig mit vergrössern und obendrein sich nicht wie vorher mit seiner Achse in die organische Längsachse der Zelle einstellen sollte. Bei Osc. tenuis nimmt der Centralkörper wenig über die Hälfte, bei Osc. princeps $^9/_{10}$ des ganzen Zellvolumens ein. Vergleicht man damit die Zellkerne dünner und ganz dicker Spirogyren, so wird man keine solche Zunnahme des Kernes mit dem Zellvolumen bemerken.

Auch bei der oft mächtigen Vergrösserung der Zellen zur Spore nimmt der Centralkörper in demselben Masse zu und steht in der reifen Spore in demselben Verhältnis zu dem Umfang wie vorher in den kleinen vegetativen Zellen. Man vergleiche hierzu Nadsons Abbildung von Aphanizomenon (Taf. V, 54), Pallas Darstellung (p. 539,

Taf. XXIV, 9) von Gloeotricha und meine Abbildung (Fig. 24, Taf. I) einer Spore von Cylindrospermum. Immer ist die Spore vollgestopft mit Granulationen, deren Natur als Reservematerial wohl auch hierdurch hervortritt. Wenn der Centralkörper ein selbständiges, einem Zellkern vergleichbares Organ wäre, so würde dessen riesenhafte Zunahme in den Sporen ganz ohne Analogon dastehen, denn echte Zellkerne vergrössern sich auch in den Fortpflanzungszellen anderer Pflanzen nicht so stark. Es braucht nur an die Auxosporen der Diatomeen erinnert zu werden, deren Kerne nach den neuesten Untersuchungen von Klebahn und Karsten an der oft sehr bedeutenden Volumenzunnahme der Auxosporen nicht teilnehmen.

Morphologisch entbehrt also der Centralkörper aller Eigenschaften eines selbständigen Zellorganes und mit echten Kernen hat er nichts gemein. Hierauf ist schon oft hingewiesen worden, so von Zacharias, Palla und anderen. Auch die Teilungserscheinungen lassen wie gezeigt wurde (p. 56), keine Selbständigkeit erkennen.

Nicht besser steht es mit der physiologischen Aequivalenz. Es bleibt nur noch die von Bütschli besonders betonte phylogenetische Beziehung übrig. Einem Vorläufer echter Kerne dürfte doch eine gewisse Selbständigkeit nicht fehlen, er müsste von den Wandlungen der Zellform doch etwas unabhängiger sein; das ist aber nicht der Fall. Ferner scheint mir auch folgendes nicht dem phylogenetischen Vergleiche günstig. Der Centralkörper ist doch sicher der Ort für die Aufspeicherung der Reservestoffe und Assimilate, mögen sie nun als Granula sich rot oder blau färben oder Krytalloidgestalt annehmen. Der jetzt geläufigen Anschauung nach ist nun aber der Zellkern nicht in erster Linie Reservestoffbehälter, sondern er wird mit viel vornehmeren Funktionen ausgestattet, Sitz der sexuellen Eigenschaften, der Vererbung u. s. w. Da ist es wohl wenig angemessen, ein mit Reservestoffen

vollgestopftes Gebilde als seinen phylogenetischen Vorläufer zu erklären.

So bleibt für eine Gleichsetzung des Centralkörpers mit einem Zellkern nichts mehr übrig. Nach meiner Ansicht ist der Centralkörper nur der vom hohlcylindrischen Chromatophor umschlossene Teil des Protoplasten, beladen mit Assimilationsprodukten und Reservestoffen.

Die Cyanophyceen würden demnach bis auf weiteres als kernlose Organismen anzusehen sein, denn unter den Granulationen und sonstigen stark färbbaren Massen tritt auch nichts Kernverdächtiges hervor. Bei der hohen Wertschätzung, die der Kern jetzt allgemein geniesst, ist dieses Resultat manchem vielleicht sehr ungelegen, manchem willkommen. Ich halte die Ansicht, dass der Kern ein Organ allergrösster Bedeutung für die Zelle und alles organische Leben ist, noch nicht so fest begründet, wie gewöhnlich behauptet wird. So hat mich auch bei der Untersuchung der Cyanophyceen weder die Sucht, einen Kern zu finden, noch das entgegengesetzte Streben beseelt. Meine Deutung der Cyanophyceenzelle war ich bemüht, so objektiv wie möglich zu halten.

III. Schwefelbakterien.

1. Verteilung und Verhalten des Farbstoffes bei Chromatium.

Nach Bütschli (I, p. 9) und Förster (p. 258) ist der Farbstoff nur in einer meist schmalen äussersten Schicht eingelagert, die der gefärbten Rindenschicht der Cyanophyceen entsprechen würde.

Mitrophanow dagegen (p. 484) meint, dass der Farbstoff meistens durch den ganzen Körper verteilt sei und die Rinde nur deshalb intensiver gefärbt erscheine, weil sie schwefelfrei sei.

Bei Ophidomonas konnte Bütschli (I, p. 15) nicht sicher feststellen, ob das Bakteriopurpurin nur in der Rinde sitzt, nimmt es aber an.

Wenn man lebende Chromatien im hängenden Tropfen betrachtet, so wird man an den ruhig liegenden, selbst bei stärkster Vergrösserung, keine solche Scheidung des Inhaltes in gefärbte Rinde und farbloses Innere erkennen. Der ganze Inhalt erscheint durchweg rötlich gefärbt, auch bei Einstellung in den optischen Längsschnitt.

Behandelt man lebende Chromatien mit Schwefelsäure, so bläut sich der Körper durch und durch, ebenso wie er

sich gänzlich olivenbräunlich färbt bei Jodbehandlung. Auch diese Reaktionen zeigen also, dass das Bakteriopurpurin durch den ganzen Körper gleichmässig verteilt ist.

Presst man den Inhalt der Chromatien hervor, so ist er gleichmässig gefärbt (Fig. 59, Taf. III), auch die Schwefelkörner liegen im gefärbten Plasma, nicht wie Bütschli (II, p. 13, Taf. III, 5 und Erklärung) behauptet, in einem ungefärbten Teil.

Ungefärbt ist nur der äusserste zarte, sich schnell entfärbende Saum des ausgeflossenen Inhaltes. Nicht ein einziges Mal habe ich ein anderes, denen Bütschlis entsprechendes Bild gesehen.

Auch folgende Beobachtung Winogradskys (p. 45): „der rote Farbstoff bleibt nach kurzem Erwärmen im Centrum grosser Zellen um die Schwefelkörner noch stellenweise erhalten. Die Zellen erscheinen dann im optischen Durchschnitt gefleckt“ — auch diese Beobachtung spricht dafür, dass der Farbstoff ursprünglich durch die ganze Zelle verteilt war.

Endlich möchte ich noch eine Erscheinung anführen, die Bütschli merkwürdigerweise gar nicht erwähnt, obgleich sie auch für die Beurteilung der Färbungspräparate, besonders der roten Körner, nicht vernachlässigt werden darf und sehr leicht zu beobachten ist.

Wenn man ein Trockenpräparat von Chromatium, ohne vorherige Entschwefelung und Färbung in Canadabalsam oder Damarlack einschliesst und erst nach 10 Minuten vielleicht betrachtet, so wird man überrascht werden durch das sich darbietende Bild. Die Chromatien sind entfärbt, der Schwefel ist verschwunden, an seiner Stelle liegen schön rotgefärbte Kugeln und Körnchen (Fig. 58d, Taf. III). Betrachtet man Trockenpräparate vorher in Luft, so sieht man, dass die Schwefelkörner unverändert vorhanden, die Chromatien gefärbt sind.

Man kann Schwund des Schwefels, Entfärbung der Leibessubstanz und Ausscheidung der roten Körner unmittelbar unter dem Mikroskop verfolgen. Die Fig. 58 a - d, Taf. III stellen einen solchen Fall dar. Das Trockenpräparat war 12 h. 20 in Balsam eingeschlossen worden, sofort begann die Beobachtung. Das Chromatium war noch durchweg gefärbt, nur etwas anders als im Leben, reiner rot; die Schwefelkörner waren reichlich vorhanden, rote Tröpfchen fehlten (Fig. 58 a). Schon nach 2 Minuten beginnt (Fig. 58 b) die Veränderung, an Stelle zweier Schwefelkörner erscheinen rote Tröpfchen und so sieht man allmählich den Inhalt verblassen, die Schwefelkörner abschmelzen und sich scheinbar in rote Körner verwandeln. Nach $3^1/_2$ Minuten wie in Fig. 58 c, nach 5 Minuten war die Veränderung abgeschlossen (Fig. 58 d).

Nach 5—10 Minuten waren viele Hunderte Chromatien, die das Präparat enthielt, in der geschilderten Weise entfärbt und entschwefelt, rote Kugeln nahmen die Stelle der Schwefelkörner ein, in Form und Grösse ihnen entsprechend.

In der geschilderten Weise verläuft der Vorgang an schwefelhaltigen Chromatien. An ganz schwefelkornfreien nun aber treten in Balsam ebenfalls, nur langsamer, rote Kugeln auf, so dass man, wenn nicht die unmittelbare Beobachtung das Gegenteil lehrte, hier auch ein Umwandlungsprodukt von Schwefelkugeln vor sich zu haben glauben möchte. In den schwefelkornfreien Chromatien sammelt sich der Farbstoff oft auch an der Peripherie in schmalen linsenförmigen Massen, öfter aber und allgemein im Innern in kugeligen Tropfen.

Ob es sich hier bloss um ein Zusammenfliessen des Farbstoffes handelt, oder ob Schwefel, der doch auch noch in körnerfreien Chromatien vorhanden ist, dabei eingreift, muss dahin gestellt bleiben. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass intimere Beziehungen zwischen Schwefel und

Farbstoff bestehen, deren Erforschung auf später verschoben werden muss.

An dieser Stelle sei nur noch auf zweierlei hingewiesen. Zunächst zeigt der Vorgang ebenfalls, dass der Farbstoff gleichmässig in der ganzen Zelle verteilt ist, nicht bloss in der Rinde sitzt. Wäre letzteres der Fall, so würden doch nur die peripherisch gelegenen Schwefelkörner mit ihm in Berührung kommen, nicht auch die centralen. Von irgendwelchem Zuströmen des Farbstoffes aus der Rinde zu den Schwefelkörnern ist nichts zu bemerken.

Zweitens können diese roten Kugeln sehr bei gefärbten Präparaten stören. Färbt man nämlich ein Trockenpräparat ohne Entschwefelung mit Hämatoxylin und schliesst in Balsam ein, so erhält man Bilder wie in Fig. 60, Taf. III, bei Methylenblaufärbung wie Fig. 61.

Es fragt sich nun, wie verhalten sich Bütschlis Angaben über die roten Körner der Chromatien zu den beschriebenen, in wenigen Minuten sich abspielenden Veränderungen.

Bütschli hat seine Präparate in Damarlack eingeschlossen, der gewöhnlich in Benzol und Terpentin gelöst wird. Bei Balsameinschluss verursacht das Xylol die Entstehung der roten Kugeln, wie man leicht sehen kann, wenn man ein Trockenpräparat einfach auf Xylol auflegt und beobachtet.

Verfährt man ebenso mit Benzol, so wird man ebenso schnell wie bei Xylol, also in 1—3 Minuten, die roten Kugeln entstehen sehen. Nach 10 Minuten enthielten die meisten Individuen nur noch rote Kugeln, in einer kleineren Anzahl freilich war ebenso wie bei Xylol der Schwefel noch enthalten. Diese Individuen waren auch noch nicht entfärbt.

In Terpentin erschienen nach 4 Minuten vereinzelt rote Kugeln, der Prozess verläuft aber hier viel langsamer,

so dass nach 12 Minuten die Zahl der veränderten Individuen noch stark gegen die unveränderten zurücktritt. Für die Beurteilung der Damarwirkung ist aber diese langsame Veränderung in Terpentinöl gleichgültig, da das Benzol um so schneller wirkt. Gleichviel also ob Bütschlis Damarlack in Xylol oder in Benzol und Terpentin oder auch Terpentin allein gelöst war, in allen Fällen mussten bei Trockenpräparaten rote Kugeln entstehen.

Wie schon erwähnt, sagt Bütschli hiervon nichts. Die von ihm beschriebenen Chromatinkörner entsprechen sicher meistens den im nächsten Kapitel zu besprechenden Körnern, die nichts mit den Farbstoffkugeln zu thun haben. Nur möchte ich aus zwei Gründen vermuten, dass Bütschli einige Male durch die letzteren sich hat täuschen lassen. So sieht Fig. 1, Taf. III der zweiten Arbeit recht bedenklich aus und auch die Bemerkung (I, p. 12): „Ihre Menge schwankt sehr; bald finden sich nur einige wenig, dann jedoch häufig relativ grosse, bald dagegen mehr bis sehr zahlreiche kleinere und kleinste" könnte einer solchen Täuschung entsprungen sein. Endlich könnte auch die Bemerkung (I, p, 13), dass die Körner in der Regel nur nach der Tötung durch Alkokol oder Austrocknung gut hervortreten, bedenklich erscheinen. Jedoch werden auch die sogen. Chromatinkörner bei vielen Fixierungen nicht sichtbar.

Wenn man Trockenpräparate auf Alkohol legt, so wird man sehen, dass der Farbstoff sehr schnell extrahiert wird, schon in 2 Minuten sind alle Individuen entfärbt, während der Schwefel etwas später nach 4—6 Minuten zu schwinden beginnt. Die Alkoholfixierung aber kann verschiedene Bilder geben, je nach der Methodik. Bei längerem, selbst nur 5—10 Minuten langem Verweilen in Alkohol ist die nachfolgende Bildung roter Kugeln ausgeschlossen. Anders aber, wenn man die Fixierung so vornimmt, dass man mit einem Tropfen Alkohol eine

Spur der Chromatien auf dem Deckglas verreibt. Der Alkohol verdunstet hier zu schnell, um noch überall den Farbstoff zu extrahieren. In der That habe ich bei solcher Alkoholfixierung in Balsam die roten Kugeln oft gesehen. Wie Bütschli den Alkohol einwirken liess, ist aus seiner Arbeit nicht zu ersehen. Dass die anderen von ihm genannten Fixierungsmittel keine roten Körner oder nur in vereinzelten Exemplaren geben, wäre leicht verständlich, da der Farbstoff zerstört wird. Ich habe Jodalkohol, Pikrinschwefelsäure, Sublimat, die Lösungen von Flemming und Hermann nachuntersucht und gar nicht oder vereinzelt rote Farbstoffkugeln erhalten. Nach Fixierung mit Osmiumdämpfen dagegen war die Erscheinung öfter wahrzunehmen.

Die roten, wahrscheinlich aus Schwefel und Farbstoff bestehenden Kugeln erhalten sich in den Präparaten lange Zeit, selbst nach Monaten wird man noch viele finden. Am schönsten und allgemeinsten ist die Erscheinung in frischen Präparaten, ca. 5 Minuten nach der Herstellung bis mehrere Stunden hindurch, auch noch gut an den nächsten Tagen.

Mitrophanow erwähnt (p. 491) rote Körner, die wohl Schwefelfarbstoffkugeln sind, auch die Abbildungen (Fig. 6—8, Taf. XVIII) sprechen dafür. Er hält die Gebilde für éléments nucléolaires. Bei seiner anderen Präparationsmethode (pag. 480) unter Ausschluss von Xylol und Benzol ist nach einer anderen Entstehung der roten Kugeln zu suchen. Es scheint hier eine langsame Alkoholwirkung vorzuliegen.

Eine solche Verteilung des Farbstoffes, wie Förster (Taf. IV, 1—6) abbildet, habe ich an lebenden Chromatien niemals gesehen, dagegen sammelt sich, wie schon erwähnt, auch in Canadabalsam der Farbstoff schwefelarmer Individuen oft an der Peripherie an. Aus Försters Figurenerklärung geht nicht hervor, ob seine Bilder nach

dem Leben oder nach Dauerpräparaten entworfen sind. Es ist deshalb unmöglich, diese unter Bütschlis Leitung entstandene Mitteilung Försters eingehend zu diskutieren.

2. Gliederung und Deutung des Inhaltes.

Bütschli bemüht sich, für alle Schwefelbakterien eine Gliederung des Inhaltes in Centralkörper und Rinde nachzuweisen. In ersterm allein liegen die Schwefelkörner, die letztere allein soll bei Chromatium das Bakteriopurpurin enthalten. Der Centralkörper soll auch mit dem der Cyanophyceen durch die grössere Tinktionsfähigkeit mit Kernfarbstoffen übereinstimmen.

Das Grössenverhältnis zwischen Rinde und Centralkörper schwankt schon bei Chromatium recht beträchtlich: bald, dies scheint Bütschli (I, p. 11) für die Regel zu halten, besteht die Rinde nur aus einer einfachen Wabenlage, bald ist sie viel dicker und der Centralkörper entsprechend klein, nur $^1/_4 — ^1/_3$ der Zelllänge messend. In diesem Falle macht sich eine für die Kritik der Bütschlischen Auffassung sehr wichtige Beziehung zwischen der Menge des Schwefels und der Grösse des Centralkörpers besonders bemerkbar.

In Exemplaren mit kleinen Centralkörpern liegt der Schwefel auch nur in diesen, ist also viel geringer als bei breitem Centralkörper. Es liesse sich geradezu der Satz aufstellen: viel Schwefel grosser Centralkörper, wenig Schwefel kleiner Centralkörper. Bütschli hat diese Folgerung nicht gezogen. Dass auch die Gestalt des Centralkörpers von der Form der Schwefeleinlagerung abhängt, giebt Bütschli (I, p. 25) für Beggiatoen teilweise selbst zu.

Bei diesen farblosen Schwefelbakterien schwankt nun aber Grösse und Form des Centralkörpers noch viel mehr wie bei den Chromatien, wie eine Betrachtung von Bütschlis

eigenen Abbildungen (I, Fig, 19; II, Taf. II, 39—41; V, Fig. 3—10) lehrt. Bütschli (I, p. 25) sagt: „Die verhältnismässig grössere Schwierigkeit, welche diese Formen bieten, scheint daher zu rühren, dass der Centralkörper nicht nur in der Grösse ziemlich schwanken kann, sondern auch häufig recht unregelmässig gestaltet ist, was es vielfach sehr erschwert, seine Grenze gegen die Rindenschicht scharf zu erkennen". Ja, es kommt nicht selten vor, dass der Centralkörper in den einzelnen Zellen gar nicht an den Querwänden scharf gegen die Rinde abgesetzt ist, sondern bis an diese heranreicht. Zur Erkennung des Centralkörpers verwendet Bütschli bei den Schwefelbakterien nur die Färbung, alles was trotz aller Unregelmässigkeit in Form und Grösse, sich etwas stärker mit dem „Kernfarbstoff" färbt, ist der Centralkörper. Zu welchen Absonderlichkeiten diese Betrachtungsweise führt, tritt klar an einer kleinen Schwefelbakterie (Thiopolycoccus) hervor. Hier fand Bütschli (II, p. 26, Taf. I, Fig. 15), dass „der durch Hämatoxylin deutlich rot gefärbte Centralkörper, soweit sichtlich, nur eine einzige Wabe darstellt". Die nackte Beobachtung zeigte eben hier nur eine Wabe intensiver gefärbt, weiter nichts und daraus wird dieser einzigen harmlosen Wabe nun sogleich die Würde eines Centralkörpers zuerkannt.

In den Abbildungen von Thiocystis violacea (Bütschli II, Taf. I, 16; Taf. IV, 11) kann ich nicht einmal eine wesentliche Färbungsdifferenz erkennen.

Das Verhalten des sog. Centralkörpers bei der Teilung konnte für Chromatium (I, p. 15) nicht genau ermittelt werden, für Beggiatoen bildet Bütschli (II, p. 44; Taf. V, 8—10) einige Zustände des Centralkörpers ab, die gewisse Anklänge an Mitosen gewähren, er legt aber den Bildern selbst keine grosse Bedeutung bei.

Nadson (p. 72) stimmt betreffs der Schwefelbakterien mit Bütschli überein. Auch die Beobachtungen Mitro-

phanows über Chromatium decken sich mit denen Bütschlis, nur werden sie anders und meiner Ansicht nach sachgemässer gedeutet. An mehreren Stellen (p. 490, 495, 499 etc.) hebt Mitrophanow die Unbeständigkeit in Form und Grösse des sich stärker färbenden Inhaltsbestandteils hervor, den er eben auch mit aus diesem Grunde nicht als Kern bezeichnen möchte. Er zieht es deshalb vor, nur von einer wechselnden Anhäufung von „éléments nucléolaires" zu reden (p. 517). Da auch Mitrophanow nur die Tinktion benutzt und der üblichen, chemischen Auffassung der Färbung huldigt, so bezeichnet er konsequent die stärker gefärbten Teile als reich an substance nucléolaire. Sehr lehrreich sind zahlreiche Abbildungen von Chromatien mit den stärker gefärbten, morphologisch unbestimmten Massen, den Centralkörpern Bütschlis.

Aehnliche Ansichten äussert Mitrophanow über die Beggiatoen.

Auch die bei den Cyanophyceen auftretenden „Chromatinkörner" hat Bütschli besonders für Chromatium beschrieben, worüber im vorigen Kapitel (p. 77) berichtet wurde. Bei den Beggiatoen fehlen die roten Körner nach einer ersten Angabe Bütschlis (I, p. 26) sicher nicht, sie sind nur relativ kleiner, was übrigens Fig. 20 durchaus nicht wiedergiebt.

In der zweiten Arbeit dagegen heisst es (II, p. 35): „Speziell die Beggiatoen liessen nur verhältnismässig selten die roten Körner im Centralkörper scharf different gefärbt hervortreten".

Verdauungsversuche werden zwar von Bütschli erwähnt, aber nicht weiter für die Deutung verwertet. Die Rindenschicht eines verdauten Chromatium (II, Taf. III, 9) ist zwar nicht dargestellt, es ist aber im Text (II, p. 27) nichts darüber erwähnt. Es lag hier wohl enzymatische Kontraktion vor.

1. **Chromatium.** Im vorigen Kapitel wurde nachgewiesen, dass der Farbstoff durch den ganzen Körper verbreitet ist, nicht bloss, wie Bütschli entgegen allen früheren Beobachtern behauptet, in der Rinde sitzt. Dadurch fällt die ganze Nebeneinanderstellung von Cyanophyceen und gefärbten Schwefelbakterien in Nichts zusammen.

Mit Jodalkohol fixiertes und mit Hämatoxylin gefärbtes schwefelreiches Material giebt zunächst das in Fig 63, Taf. III dargestellte Bild. Eine äussere schmale Zone ist etwas schwächer gefärbt als der übrige Teil, der sog. Centralkörper. In ihm sind verschiedene grosse Löcher zu sehen, die den Schwefel enthielten, ausserdem kommen gewöhnlich zahlreiche schwärzlich rotviolette Körner vor, Bütschlis Chromatinkörner. Auch Fixierung mit Osmiumdämpfen und nachheriger Färbung mit Eisenalaunhämatoxylin bei starker Differenzierung lässt den von herausgelöstem Schwefel grosslöcherigen sogenannten Centralkörper erkennen (Fig. 65, Taf. III).

Einfache Trockenpräparate geben ähnliche Bilder, besonders treten hier stärker gefärbte Portionen mitten zwischen den Schwefellöchern deutlich hervor (Fig. 66a u. b, Taf. III).

Wenn man schwefelreiche Chromatien in möglichst fäulnisfreiem Wasser kultiviert, so werden sie in wenigen Tagen durch Schwefelwasserstoffhunger ganz schwefelfrei und geben nun wesentlich andere Bilder.

So hebt sich in Fig. 64, Taf. III (Jodalkohol Delafield) durch stärkere Färbung ein Centralkörper nicht ab, der ganze, im Innern etwas gröber vakuolige Inhalt hat sich gleichmässig gefärbt und umschliesst eine grössere Zahl der sog. Chromatinkörner. Dieses Bild erhält man stets, wenn die Schwefelkörner ganz fehlen oder nur wenige vorhanden sind, im letzteren Falle erscheinen einige grössere Lücken, ein Centralkörper tritt aber nicht hervor.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE MASS

Auch Osmiumdämpfe oder gewöhnliche Trockenpräparate geben bei schwefelkörnerfreien und -armen Chromatien keinen Centralkörper weder bei Delafield, noch bei der Eisenalaunhämatoxylinfärbung und vorsichtiger Differenzierung.

Die „roten Körner", die bei Jodalkoholfixierung oder in Trockenpräparaten in schwefelreichen und -freien Individuen gleich reichlich vorkommen, sind wohl vorwiegend diejenigen, die auch Bütschli als Chromatinkörner beschreibt. Freilich ist, wie schon erwähnt wurde, immer die Gefahr einer Verwechselung mit den roten Farbstoffkugeln (Fig. 58, 60, 61, Taf. III) zu berücksichtigen.

Ueber die Natur der sog. Chromatinkörner vermag ich nichts Näheres zu sagen, denn aus ihrer stärkeren Färbung mit Hämatoxylin folgt doch keineswegs, dass sie „Chromatin" resp. „Nuclein" sind. Bei Osmiumfixierung, auch bei Pikrinschwefelsäure, Hermannscher Flüssigkeit sind solche stark färbbare Granulationen nicht zu sehen.

Vergleicht man schwefelfreie und schwefelreiche Individuen miteinander, so sieht man, dass der sog. Centralkörper als besonderes Organ gar nicht vorhanden ist, dass nur dort, wo grosse Mengen von Schwefelkörnern sich in das sonst feinvakuolige Protoplasma eindrängen, dieses mehr oder weniger auf den engen Raum zwischen dem Schwefel zusammengedrückt wird.

Mit Schwefel vollgestopfte Individuen (Fig. 62, Taf. III) lassen nur einen schmalen, schwefelfreien Saum erkennen, sonst ist alles mit Schwefelkugeln erfüllt, zwischen denen nur noch schmale Brücken zusammengepressten Protoplasmas sich hinziehen. Dieselbe Menge Protoplasma, die in schwefelfreien Individuen gleichmässig in der ganzen Zelle sich verteilen kann, wird durch die Schwefelkörner auf diese schmalen Brücken zusammengedrängt.

Da nun, wie oben pg. 7 gezeigt wurde, dieselbe Substanz bei grösserer Dichte Farbstoffe intensiver speichert,

resp. länger festhält als bei geringerer, so erklärt sich das Färbungsbild schwefelreicher Bakterien ganz einfach. Der sog. Centralkörper ist nur der durch die Schwefeleinlagerung physikalisch veränderte Teil des Protoplasten und verdankt nur dieser Veränderung, nicht einer stofflichen Verschiedenheit, seine stärkere Färbbarkeit. Dass eine schmale Zone der Peripherie frei von Schwefel bleibt, erklärt sich wohl dadurch, dass sie als die Stätte des lebhaften Stoffaustausches zwischen Zellinnerm und Umgebung sich nicht zur Speicherung eignet. Je nach der Menge des eingelagerten Schwefels wird dann auch der Centralkörper mehr oder weniger deutlich hervortreten. Auf diese Beziehungen haben die früheren Untersucher wohl nicht genügend geachtet. Mitrophanow giebt zwar einerseits an (p. 499), dass unter gewissen, nicht näher erforschten Umständen gar kein Centralkörper wahrzunehmen sei, sagt aber an anderer Stelle (p. 498), dass in schwefelarmen und schwefelfreien Individuen „les éléments nucléolaires se grompent vers le centre de l'organisme en de plus grandes masses (Fig. 1b, 4, 9, 10, 13, 15, 16); alors ils rappellent le plus les noyaux des organismes unicellulaires et les cellules des tissus". Die von Mitrophanow citierten Abbildungen zeigen gefärbte Massen, die mit Bütschlis Centralkörper zum Teil keine Aehnlichkeit haben und wohl verschiedenen Ursprung haben könnten, teils durch die ungleiche Gerinnung des Inhaltes bei der Fixierung entstanden. Es ist aber auch weiterhin zu bedenken, dass bei der physiologischen Lösung der Schwefelkörner die Verlagerungen und Verschiebungen im Protoplast auch nicht augenblicklich sich auszugleichen brauchen. Meine Auffassung über die Entstehung des sog. Centralkörpers kann also durch die citierten Bemerkungen Mitrophanows nicht umgestossen werden.

Auch Bütschli (I, p. 11) giebt an, dass zuweilen kleine, nur $^1/_4$—$^1/_3$ der Zelle einnehmende Centralkörper

vorkommen und dass es dann schon an lebenden Individuen sehr deutlich zu sehen sei, wie der Schwefel nur im Centralkörper liege, die Rinde entsprechend breiter sei. In seiner zweiten Arbeit bildet Bütschli (II, Taf. III, 2) auch ein solches Individuum ab, freilich wieder so schematisch, dass eine Diskussion des Bildes unmöglich ist.

Ich habe solche Bilder nie gesehen, denn wenn nur wenige Schwefelkörner im Centrum der Zelle liegen, dann fehlt der Centralkörper, weil die Bedingung für die Zusammendrängung des Protoplasten fehlt.

Durch Ablagerung von Reservestoffen, wie Proteinkörner, Stärke, wird auch bei höheren Pflanzen der Protoplasmakörper zusammengedrängt, so dass jedes einzelne Protein- oder Stärkekorn in einer Tasche von Protoplasma steckt, deren Wände stellenweise infolge besonderer Dichte sehr intensiv sich färben, ebenso stark oft wie der Kern. Man wird sich z. B. an Kartoffeln oder an Samen der Lupine, Bohne und des Mais von dieser Thatsache, die mit den Erscheinungen bei schwefelkornreichen Chromatien vollkommen übereinstimmt, leicht überzeugen können. Beim Mais wird sogar, wie A. Zimmermann (p. 14, Fig. 9) und Raciborski (p. 121 und Taf. IX, 13) dargestellt haben, der Zellkern durch die dicht gedrängten Stärkekörner vollkommen verunstaltet, so dass er schliesslich weitläufig netzmaschig, einem Zellkern ganz unähnlich wird. Die Autoren haben schliesslich die verzerrte Gestalt nur noch nach der stärkeren Färbung bestimmt. In der That lassen sich alle Uebergänge von weniger deformierten bis zu den ganz verunstalteten Kernresten finden und immer heben sie sich durch stärkere Färbung von den benachbarten Maschen des netzigen Protoplasmas, denen sie sonst ganz gleichen, deutlich ab. Ich führe diesen Fall genauer an, weil es scheinen könnte, als ob er zu Gunsten von Bütschlis Deutung der Centralkörper von Chromatien zu sprechen scheint. Schon durch das Fehlen der Centralkörper in

schwefelfreien Individuen ist aber erwiesen, dass ein Parallelfall zum Maisendosperm nicht vorliegt. Auch kommen ja bei anderen Samen und der Kartoffel dichte Protoplasmastränge von derselben starken Färbbarkeit wie der hier nicht verunstaltete Kern vor. Gerade diese, wohl in jedem Reservestoffbehälter zu beobachtende Thatsache unterstützt meine Deutung des Centralkörpers der Schwefelbakterien.

Auch der sog. Centralkörper des von Schewiakoff beschriebenen Achromatium dürfte seine stärkere Färbbarkeit denselben Ursachen verdanken wie der von Chromatium, da nach Schewiakoff (p. 11, 16) die ziemlich festen Oxalatmassen die Waben des Centralkörpers „ganz prall" ausfüllen. Oxalatarme oder -freie Individuen scheint Schewiakoff nicht beobachtet zu haben.

2. **Beggiatoa.** Hier wurde es, wie schon erwähnt, auch Bütschli (I, p. 25) oft schwer, einen Centralkörper deutlich gegen die Rinde abzugrenzen. Nach den für Chromatium entwickelten Anschauungen bedarf es über Beggiatoa nur weniger Worte, da auch hier der Centralkörper nur durch die Häufung der Schwefelkörner entsteht. Die Färbung mit Delaf. Hämatoxylin gab z. B. bei Alkoholfixierung keinen deutlichen Centralkörper (Fig. 68, Taf. III), es waren nur rote Körner stärker gefärbt. Fig. 67, Taf. III stellt drei Glieder eines Trockenpräparates dar, in denen die „Chromatinkörner" schön schwarz gefärbt sind, um die Schwefellöcher herum aber bei der Nachfärbung mit Safranin ein etwas stärker als die Peripherie gefärbter Centralkörper hervortrat. Dieser stimmt ganz und gar mit dem von Chromatium überein und ist auch wie er kein besonderes Organ der Zelle.

In schwefelfreien Fäden ist ein solches Gebilde nicht zu sehen.

3. **Resultat.** Entgegen Bütschli kann ich im Bau der Schwefelbakterien keine Uebereinstimmung mit den Cyanophyceen erblicken. Der Farbstoff ist nicht, wie bei diesen, auf die Rinde beschränkt, sondern durch den ganzen Protoplasten gleichmässig verbreitet. Dieser selbst ist, wenn Schwefel fehlt, feinvakuolig und nicht in zwei Teile, Centralkörper und Rinde geschieden. Erst durch die Vollstopfung mit Schwefelkörnern werden die Vakuolenwände des Protoplasten so zusammengeschoben und gedrückt, dass sie mehr Farbstoff speichern als die schwefelfrei gebliebene und deshalb nicht gepresste peripherische Zone und nunmehr als Centralkörper imponieren. Die sog. Chromatinkörner könnten auch irgendwelche andere Reservestoffe darstellen und geben durch ihre stärkere Färbung mit Hämatoxylin gar keinen Aufschluss über ihre Natur. Als Kerne können sie ebenso wenig gedeutet werden wie die im nächsten Kapitel zu besprechenden Körnchen der übrigen Bakterien. Bis auf weiteres müssen auch die Schwefelbakterien als kernlos angesehen werden.

IV. Schwefelfreie Bakterien

(Bakterien im engeren Sinne).

Das bei vielen Forschern hervortretende Streben, den Gesamtkörper der kleinen Bakterien mit der Würde eines Zellkernes zu belehnen, ist wohl auf einen Mythus zurückzuführen, der in allen Büchern über Bakteriologie wiederkehrt, nämlich den, dass sich die Bakterien besonders intensiv mit „Kernfarbstoffen" färben. Da es diese überhaupt nicht giebt, so haben die Bakterien und nicht einmal alle nur das für sich, dass sie Farbstoffe länger festhalten als die weniger dichten Bestandteile der Gewebe, in die sie eingebettet sind. Es braucht ja nur noch an das verschiedene Verhalten der Bakterien bei der Gramschen Färbung erinnert zu werden. Sind diejenigen, wie Cholera, Typhus etc., welche hierbei schneller entfärbt werden, wirklich so verschieden von den gefärbt bleibenden, wie Staphylokokken, Milzbrand etc.? Hier läge ja in einem Falle eine Färbung mit „Kernfarbstoff" vor, im andern nicht.

Mit der Beseitigung dieses tief eingewurzelten Vorurteiles erledigen sich auch eine Anzahl Arbeiten über die Natur des Bakterienkörpers, alle die, welche eben auf jener vorgefassten Meinung allein fussen. Aber auch diejenigen Forscher, welche innerhalb des Bakterienkörpers, den sie

als eine Zelle auffassen, nach Zellkernen oder ihnen entsprechenden Stoffen suchten, gehen von den „Kernfarbstoffen“ aus. Denn die mikrochemischen Reaktionen, die von einigen nebenbei benutzt werden, sind selbst so unsicher und schwankend, dass sie, wie schon oben (p. 37) bemerkt wurde, keine grössere Beweiskraft einstweilen besitzen als die Färbungsresultate.

Litteratur. Bütschli hat bekanntlich die kleinen Bakterien als cytoplasmafreie Centralkörper den echten Zellkernen verglichen und in seiner ersten Mitteilung (I, p. 33) die Behauptung ausgesprochen, dass bei der Entstehung der Organismen auf der Erde wohl zuerst nicht kernlose, Haeckels Moneren entsprechende Wesen sich gebildet hätten, sondern den Bakterien ähnliche cytoplasmafreie Kerne. Diese seien das Primäre und unter ihrem Einflusse sei erst das Plasma entstanden.

Bütschli meint, dass alle jenen Bakterien, die eine Membran oder Geisseln tragen, noch oder richtiger schon „minimale Plasmamengen“ besitzen, da die Membran eine sog. Plasmamembran (Pellicula) sei und ebenso die Geisseln „rein plasmatischer Natur“ seien.

Bütschlis Auffassung ist zwar eine rein morphologische, und er selbst versucht auch nicht die physiologischen Konsequenzen zu ziehen. Ein phantastischer Kopf könnte sie ziehen wollen und würde dabei wohl auch begeisterte Anhänger finden. Man vergegenwärtige sich, dass die kleinen Bakterien als protoplasmafreie Kerne Gährung, Fäulnis, Krankheit hervorrufen, dass sie Farbstoffe, Schleim, Licht erzeugen, dass sie oxydieren und reduzieren, dass sie aërob und anaërob leben: man übertrage ihre Eigenschaften auf die echten Kerne der höheren Organismen, man würde, glaube ich, doch staunen über die Fülle von Erkenntnis, die durch eine einfache Hämatoxylinfärbung zu erwerben ist. Es dürfte dieses Beispiel zeigen, wohin die Wissenschaft kommen würde,

wenn solche unbegründete Paradoxa, wie das von der Kernnatur der Bakterien, die Oberherrschaft gewännen. Ein sicherer und dauerhafter Fortschritt wird durch solche Ansichten niemals angebahnt.

Die Gründe, welche Bütschli veranlassten, den ganzen Inhalt einer Bakterie mit den Centralkörpern der Schwefelbakterien und Cyanophyceen gleichzusetzen, liegen ausschliesslich auf färberischem Gebiete. Es kehrt an mehreren Stellen jener oben erwähnte Mythus von dem Kernfarbstoff wieder. Da mit Hämatoxylin und anderen Farbstoffen der ganze Inhalt einer Bakterienzelle sich so färbt, wie der „Centralkörper" der anderen verwandten Organismen, so soll dadurch die Homologie beider erwiesen sein.

Besonderes Gewicht bei seiner Beweisführung legt Bütschli (I, p. 20; II, p. 25, 70) auf den Bau von Bacterium lineola, dessen Inhalt wie bei Chromatium in einen stärker färbbaren Centralkörper und eine schmale Rindenschicht gegliedert sei. Ich habe leider diese Form nicht nachuntersuchen können und muss, selbst auf die Gefahr hin, Bütschlis Unwillen von neuem zu erregen, diese Lücke lassen. Soviel geht aber aus Bütschlis eigener Darstellung hervor, dass diese Form eine Sonderstellung einnimmt, hervorgerufen durch die Einlagerung irgendwelcher Assimilationsprodukte im Centrum der Zelle. Aehnlich wie bei den Schwefelbakterien der Schwefel, bei Achromatium das Oxalat, scheint hier die Speicherung eines anderen Stoffes das centrale Protoplasma dichter zusammenzudrängen und so die physikalischen Grundbedingungen für eine intensivere Färbung zu schaffen.

Cohns Beschreibung (p. 170), dass die Zellen „einen stark lichtbrechenden, weichen, mit fettartigen Körnchen reichlich durchsetzten Inhalt" haben, würde diese Deutung sehr unterstützen.

Abgesehen von Bacterium lineola, bleibt unter der grossen Schar kleiner Bakterien keine übrig, die auch nur eine Spur eines Centralkörpers und eine davon unterscheidbare Rinde erkennen lässt. Denn alle die Fälle, welche Bütschli aufführt, erklären sich, wie ich (I u II) gezeigt habe, anders. Da ich nochmals an einigen Beispielen meine Ansicht darlegen werde, so will ich erst dort auf die neuen Einwände Bütschlis eingehen, um diese allgemeine Kritik nicht zu sehr zu beschweren.

Chromatinkörner und Kerne. Neben der Allgemeinfärbung des ganzen Inhalts hält Bütschli auch das Auftreten „roter Körner", d. h. mit Hämatoxylin sich rötlich färbender Granulationen in der Bakterienzelle besonders beweiskräftig für deren Kernnatur, da diese Körner als Chromatinkörner aufzufassen seien und den gleichen Bildungen im Centralkörper der Cyanophyceen und in den Kernen höherer Organismen entsprächen. Auch hier dient nur die Färbungsanalyse als Beweismittel, mit welchem Recht braucht nach Kap. I dieser Abhandlung wohl nicht wieder auseinandergesetzt zu werden.

An diese Chromatinkörner der Bakterien knüpft sich eine umfangreiche Litteratur über die Kerne der Bakterien.

Die Eigenschaften dieser Körner bestehen in stärkerem Lichtbrechungsvermögen und grösserer Färbbarkeit. Sie färben sich zunächst schon stärker als der übrige Inhalt und halten beim Differenzieren den Farbstoff auch fester, so dass sie zuletzt allein noch gefärbt sind. Von einigen Forschern wird auch eine metachromatische Färbung dieser Körner angegeben, so sollen sie sich nach Babes (I, p. 186) in Löfflers Methylenblau schwarzrot färben, während das übrige blassblau erscheint; nach Ernst (p. 470) färbt sie Hämatoxylin schwarzviolett, den andern Inhalt schwach lila; Bütschli selbst findet sie bei Hämatoxylinfärbung rot oder rotviolett, das übrige blau. Ferner führt Schewiakoff (p. 15) für Achromatien an, dass die „roten Körner"

mit Methylenblau purpurrot werden, der Centralkörper dunkelblau. Diese metachromatische Färbung ist bereits auf p. 10 besprochen.

Ueber die Bedeutung der Körnchen herrschen verschiedene Ansichten. Die einen, wie Ernst (p. 483), Zukal (I, p. 322) erklären diese Körnchen selbst für die Kerne, so dass also je nach ihrer Zahl eine Bakterienzelle bald ein-, bald mehr- und vielkernig sein würde. Andere, wie Bütschli, Nadson, Protopopoff (p. 333), Wahrlich (p. 12) halten sie für Homologe des Chromatines echter Kerne oder diesem doch sehr nahe stehend (Migula p. 145). Mitrophanow (p. 517) bezweifelt eine volle Analogie mit dem Kernchromatin. Frenzel endlich (p. 211) äussert sich wenig bestimmt, da das „Chromatin" nicht die einzige chromatophile Substanz sei.

Auch mit den Nucleolen der echten Kerne sind die Chromatinkörner verglichen worden (Pérez, p. 296), selbstverständlich wird dann der ganze Bakterienkörper als plasmafreier Kern gedeutet.

Etwas abseits von den besprochenen Ansichten liegen einige Angaben, die noch kurz erwähnt werden sollen mit dem Bemerken, dass ich Bütschlis (II) kritischen Ausführungen hierüber fast durchweg beistimme. So muss ich mit ihm das von Schottelius beschriebene Kernstäbchen auf eine Einstellungstäuschung zurückführen. Sjöbring giebt eigentümliche Abbildungen, die sich schwer unterbringen lassen. Bei Bac. Anthracis (Taf. III, 1—3) und subtilis (4—7) scheint er junge Sporen vor sich gehabt und als Kerne gedeutet zu haben. Auch er hält die stärker gefärbten Körnchen für Chromatin. Ganz unwahrscheinlich sehen aber die Fig. 8 u. 9 aus, die Karyokinesen darstellen sollen. Trambusti und Galeotti haben wohl körnige Zersetzungszustände und Absterbeerscheinungen vor sich gehabt. Ihre Abbildungen sprechen sehr dafür, auch die Bemerkung (p. 720), dass 3—4 Tage alte Kul-

turen, die von den Autoren als Kerne und Kernteilungen gedeuteten Zustände am besten zeigen. Man sollte über 1 Tag alte Kulturen niemals zu Studien über den Bau der Bakterien verwenden, da schon nach dieser Zeit, wie ich (II, p. 89 u. 97) darzulegen versuchte, die Bakterien anfangen, sich übel zu befinden. Protopopoff (p. 334) wollte sogar noch an 2 Monate alten Kulturen den feineren Bau der Bakterien studieren.

Ilkewicz hat mit einer komplizierten Methode in den sonst ungefärbten Sporenkörpern von Bac. Anthracis kleine schwarze Körnchen gesehen.

Bütschli (II, p. 66) hält die Sporen Ilkewiczs für ungefärbte Wabenräume und sieht in dessen Mitteilungen einen neuen Beweis für seine Wabentheorie. Ich möchte annehmen, dass wirklich Sporenkörper vorgelegen haben, die Bilder sehen ganz so aus. Vielleicht lagen die Körnchen auch auf den Sporen, denn es ist doch seltsam, dass der übrige Sporenkörper trotz seiner schweren Färbbarkeit ganz ungefärbt geblieben sein sollte.

Kapselbildung. Daran ist nicht zu zweifeln, dass manche Bakterien eine mehr oder weniger starke Gallerthülle haben, die von den Bakteriologen als Kapsel bezeichnet wird und zu ihrem Nachweis oft besonderer Färbungskniffe bedarf. Solche Bakterien würden den Gattungen Gloeothece, Aphanothece unter den Cyanophyceen ähnlich sein. Diese echten Gallertmembranen haben stets scharfe Umrisse, die konzentrisch um den eigentlichen Zellkörper herumlaufen, wie z. B. bei Friedländers Pneumoniebacillus. Es werden nun aber neuerdings auch Kapseln beschrieben, die wohl keine sind und oft recht absonderlich aussehen.

Besonders Babes (II) und Löwit haben ganz paradoxe Ansichten über derartige Bilder geäussert. So sollen nach Babes (II, p. 429, Taf. XI, Fig. 27) die Geisseln des

Typhusbacillus nicht von dem bei gewöhnlicher Färbung sichtbaren Körper, sondern von einer Kapsel ausgehen, die nur bei der Geisselbeizung sichtbar wird. Es ist zwar richtig, dass die Bacillen nach einer solchen Behandlung etwas dicker erscheinen, was aber einfach darauf beruht, dass die Beize und der durch sie gebundene Farbstoff dem Bakterienkörper aufgelagert werden, wie in der Färbereitechnik. Jene von Babes beschriebene Kapsel gehört aber sicher nicht dem Bakterienkörper an, sondern ist eine Folge der Präparation. Dies zeigt am deutlichsten Fig. 27 c, Taf. XI bei Babes (II). Hier liegen 3 Bacillen in einer solchen gemeinsamen Scheinkapsel und von ihrer Oberfläche erst entspringen die Geisseln. Ganz gleiche Bilder haben auch Remy und Sugg (Taf. III) dargestellt. Diese Autoren (p. 34) halten ebenfalls die Umhüllungsmasse, die sie oft beobachteten, für den Ausgangspunkt der Geisseln und neigen dazu, sie als Cytoplasma aufzufassen.

Hier sollen also mehrere Bakterien in einer gemeinsamen Hülle liegen und von dieser erst, für alle Bakterien gemeinsam, die Geisseln abgehen. Das widerspricht doch allem, was man von koloniebildenden beweglichen Organismen, vielleicht wie Pandorina oder Gonium kennt, hier trägt doch jedes Individuum seine eigenen Geisseln trotz der Einbettung in eine gemeinsame Hülle. Ich habe bei meinen früheren Untersuchungen auch solche Bilder gesehen wie Babes und Remy und Sugg, deute sie aber ganz anders. Dass sie zufällige und den Bakterien nicht zugehörige Bildungen sind, geht wohl schon daraus hervor, dass ganz klare und von Niederschlägen freie Stellen des Präparates nichts davon erkennen lassen. Hier entspringen, wie zahlreiche Abbildungen der begeisselten Typhusbacillen bei den verschiedensten Autoren zeigen, die Geisseln unmittelbar von dessen Körper: keine Spur einer kapselähnlichen Bildung ist zu sehen.

Worauf sollen nun die abweichenden Fälle zurückgeführt werden? Meiner Ansicht nach können verschiedene Ursachen vorliegen. Einmal die grosse Empfindlichkeit der Geisseln selbst, die ich eingehend früher (II, p. 87) geschildert habe. So könnte eine von der Basis der Geisseln beginnende Verquellung, die durch das Eintrocknen des Tropfens unterbrochen wird, sehr wohl solche verwaschen aussehende kapselähnliche Bildungen hervorrufen. Auch eingerollte und schnell verquollene Geisseln können um den Bacillenkörper herum soviel Substanz zurücklassen, dass ein färbbarer Hof entsteht. Auf diese Weise scheint Fig. 7 e, f, g, Taf. XI bei Löwit sich zu erklären.

Aber es kann auch ein Kunstprodukt noch auf ganz anderem Wege, ohne Beteiligung der Geisseln, entstehen.

In den Kulturen, gleichviel ob Agar oder Gelatine oder Bouillon, wird doch auf der Oberfläche der Bakterien durch Adhäsion eine wenn auch dünne Schicht der Nährsubstanz festhaften. Bei den üblichen Nährböden würden also leimige oder albumoseähnliche Bestandteile nie fehlen. Selbst wenn nun bei der Herstellung der Geisselpräparate die Kulturproben stark mit Wasser verdünnt werden, so geschieht das doch so schnell, dass jene die Bakterien überziehende Schicht nicht weggewaschen werden kann. Die Bakterien gelangen also so in den eintrocknenden Tropfen und müssen nun selbstverständlich bei dem molekularen Schwanken und Zittern, das bis zum endgültigen Festkleben am Glas andauert, dieses mit einem Ueberzug aus Nährsubstanz beschmieren. Es wird also um den festhaftenden Bakterienkörper herum eine seinen Umriss mehr oder weniger entsprechende, oft selbst ganz unregelmässig gestaltete Zone aus Nährsubstanz mit auftrocknen. Bei gewöhnlicher Färbung löst sich diese Substanz ab oder färbt sich ihrer geringen Dichte wegen gar nicht, die Bakterien sind dann hüllen- und kapsellos. Wenn man aber zum Zweck der Geisselfärbung mit einer Tanninbeize arbeitet,

so werden nicht nur die Geisseln und der Bakterienkörper, sondern auch der zarte Saum festgetrockneter Kultursubstanzen mitgebeizt, es entstehen z. B. aus den löslichen Albumose- (resp. Pepton-)resten und dem Tannin unlösliche Verbindungen, die nun bei der folgenden Färbung sich ebenfalls färben. Es genügt wohl, auf diese Deutung hier hingewiesen zu haben, eine weitere Ausmalerei ist unnötig.

Besonders die von Löwit abgebildeten Kapseln scheinen in die eben geschilderte Gruppe von Artefakten zu gehören. Löwit giebt auch (p. 682) zu, dass diese Kapseln bei der Verdauung verschwinden, während der Bakterienkörper unverdaut zurückbleibt. Hier würde wohl schon verdünnte Salzsäure zur Lösung genügt haben.

An diese höchst verdächtigen Hüllen- und Kapselbildungen knüpfen die genannten Autoren weitgehende Theorien über den Bau der Bakterien.

Babes (II, 433) sagt: „Die Geisselbildung der Bacillen steht in inniger Beziehung zu den Kapseln der Bacillen und beweist dieselbe, dass die Bakterien von mehreren wesentlich verschiedenen Hüllen umgeben sind, namentlich von einer durch Beizung färbbaren und von einer dieselben umgebenden blassen Hülle, von welcher die Geisseln ausgehen".

Ich halte diese Anschauung aus obigen Gründen für ganz unberechtigt. Aehnliches gilt für die Angaben Bunges (I, p. 669). Löwit will zwischen Bütschlis Auffassung des Bakterienkörpers und der meinigen gewissermassen einen Kompromiss stiften und hält wie Bütschli den Bakterienkörper für den Kern (Centralkörper); dass von mir begehrte Protoplasma sollen nun jene verschiedenen Hüllen und Kapseln mit den davon ausstrahlenden Geisseln sein. Das Artefakt also der Protoplast! Wie es um diese Lehre steht, geht auch aus

folgender Bemerkung Löwits (p. 684) hervor: „Die Regel ist, dass bei guter Geisselfärbung die Rindenschicht fehlt (Fig. 7h, 16d), wenn auch bei anderen Exemplaren des gleichen Präparates die Existenz der Rindenschicht sicher erkannt werden kann (Fig. 7a—g, 16a—c), und dass andererseits in der Regel bei gut sichtbarer Rindenschicht die Geisseln nicht nachgewiesen werden können, auch wenn es sich um geisselführende Arten handelt".

Einen besseren Satz zur Illustration meiner obigen Auseinandersetzung über die Artefaktnatur der Kapseln alias Cytoplasma hätte Löwit gar nicht schreiben können.

Ja, Löwit hat auch in seiner Rindenschicht Granula gefunden (p. 681), kann aber doch gewisse Bedenken dagegen, dass es „Einschlüsse von aussen" sind, anstandshalber nicht ganz unterdrücken. Ja, sogar das unselige Centrosom (p. 682) will Löwit in den Granulationen der Rinde herausspüren. Was sagt Ben Akiba dazu?

Migulas (II) Aufsatz über die Kapselbakterien ist mir im Original nicht zugänglich gewesen, aus dem hier benutzten Referat geht hervor, dass auch Migula den Angaben über Kapselbildungen Bedenken entgegenzuhalten hat. An anderer Stelle (III) geht Migula näher auf die sog. Kapseln nicht ein.

Mikrochemische Reaktionen werden auch von einigen Forschern herangezogen. Nach Ernst (p. 475) färbten sich die „Chromatinkörner" (Kerne) nach Pepsinverdauung nicht mehr in Hämatoxylin, ohne gelöst zu sein. Wahrlich (p. 11) und Migula (p. 145) geben übereinstimmend an, dass Pepsin die Körner gar nicht angreift, Trypsin dagegen vollständig oder bis auf geringe Reste löst, ebenso 10 und 20 % NaCl. Ferner verschwanden die Körner nach Wahrlich (p. 9, 10) bei längerer Einwirkung von 10 % Soda, von Ferrocyankalium und liessen kleine Hohlräume in der nicht gelösten Grundmasse zurück.

Letztere möchte Wahrlich mit dem Linin von Fr. Schwarz, die Körner mit dem Chromatin identifizieren. Auch diese Reaktionen reichen für eine chemische oder morphologische Bestimmung der einzelnen Inhaltsbestandteile noch nicht aus.

Morphologische Deutung des Bakterienkörpers. Die Deutung der Bakterien als Zellkerne lag, seitdem ihre Färbbarkeit mit „Kernfarbstoffen" anerkannt war, schon lange in der Luft und war auch von Hüppe (p. 94 u. 95) und Klebs (p. 76) bereits diskutiert worden. Aber erst Bütschli und bald darauf Wahrlich (p. 2, 20) sprachen es scharf aus, dass die Bakterien cytoplasmafreie oder doch cytoplasmaarme Zellkerne seien. Die Gründe für diese Deutung sind schon erwähnt worden. Ganz die gleiche Ansicht vertreten Pérez (p. 296) und in gewissem Sinne Löwit (p. 683), auch Zettnow.

Bald nach dem Erscheinen von Bütschlis erster Abhandlung suchte ich (I) mit Hülfe einer neuen Methode, der Plasmolyse, Einsicht in die Struktur der Bakterien zu erlangen. Ich kam dabei zu entgegengesetzten Ansichten und erklärte den Inhalt der Bakterie als einen Protoplast mit mehr oder weniger grossem Saftraum. Die Chromatinkörner könnten vielleicht als Kerne aufgefasst werden, das bedürfe aber noch neuer Untersuchungen. Wohl nicht ganz ohne Einfluss meiner Arbeit äussert sich dann Nadson, der für die Schwefelbakterien Bütschli sich anschliesst, über die kleinen Bakterien (p. 72) „Der undifferenzierte Protoplast solcher Bakterien enthält in sich potentiell nicht nur den Kern (Centralkörper) allein, sondern auch das Protoplasma. Er entspricht also dem ganzen Protoplaste anderer Organismen". Er ist nach Nadsons Vorschlag als Archiplast zu bezeichnen.

Mitrophanow (p. 517) vertritt dieselbe Ansicht, wenn er sagt: „Leur corps protoplasmatique contient dans un état potential aussi les autres parties constitutives du noyau,

mais ne sépare que les éléments de chromatine en forme de grains, et comme ce sont les seuls représentants du noyau dans la cellule bactériale — c'est à eux que peut être appropriée la détermination de noyau" und weiter (p. 518): „Elles (die Bakt.) apparaissent comme des cellules dans divers stades de complication, laquelle est exprimée par la separation plus on moins complète du noyau. Le dernier est un produit du protoplasme, ce substratum primitif de la vie".

Mitrophanow ist demnach ein Gegner der Auffassung Bütschlis, dessen Figuren von Spirillen etc. (I, 5, 6a u. b, 7, 8a u. c) er, genau so wie ich, als Plasmolyse deutet (p. 510).

Bütschli (II, p. 71—74) erkennt Mitrophanows Auffassung nicht an, schreibt ihm grosse Unklarheit betreffs der Chromatinkörner zu und hält die Anschauung von der potentiellen Kernnatur für rein spekulativ. Dabei hebt er (II, p. 73) neben Bacterium lineola immer wieder für seine Kerntheorie die Färbung hervor. Meiner Ansicht nach legt selbst Mitrophanow noch zu viel Wert auf die Färberei; hätte er sich von diesen Vorurteilen frei gemacht, dann würde ihm noch mehr beizustimmen sein, dann hätte er sicher die ganze Kernfrage anders bearbeitet. Wechselnd in seinen Ansichten ist Frenzel, den Bütschli sowohl, als auch ich für unsere Anschauungen citieren könnten. Es dürfte deshalb wohl zu weit führen, wenn ich näher auf seine Arbeit eingehen wollte. Nur sei erwähnt, dass ihm (p. 220) die stärkere Färbbarkeit des Centralkörpers, den er bei seinem Objekt in sehr wechselnder Grösse und Form sah, nur davon herzurühren schien, „dass seine Balken dicker waren und daher mehr Farbstoff aufnahmen." Hier tritt also physikalische Auffassung der Färbung uns entgegen.

Ich habe noch einer 1894 erschienenen Arbeit Migulas zu gedenken, der an einem besonders günstigen Objekt

(Bac. oxalaticus) die Gliederung des Inhaltes in einen Wandbeleg und gekammerten Zellsaftraum beschreibt, also ebenfalls die Bakterien als Zellen, nicht als Kerne wie Bütschli auffasst. Dabei bedient sich Migula auch der Plasmolyse (p. 142), erwähnt auch die Präparationsplasmolyse (p. 146), ohne meine drei Jahre vorher erschienene Arbeit zu citieren. Er will zwar, „um jede überflüssige Weitläufigkeit zu vermeiden", die Litteraturnachweise später beibringen. Da er aber (p. 139) behauptet, seine Resultate liessen „sich durchaus nicht mit den bisherigen Ergebnissen in Uebeinstimmung bringen", so muss das doch den Eindruck erwecken, als ob in der Litteratur nichts darüber zu finden wäre. Migula kannte meine Arbeit, da sie in einer unter seiner Leitung entstandenen Abhandlung von Leo Müller mehrfach citiert wird.

Ich würde diese wenig erfreuliche Angelegenheit nicht berührt haben, wenn nicht schon Migula an verschiedenen Stellen (Coppen Jones, p. 76, Lehmann und Neumann II, p. 15) als derjenige citiert würde, der zuerst oder doch unabhängig von mir die neue Auffassung vertreten hätte. Dies muss ich zur Wahrung meiner Priorität hervorheben.

Ueber die Zellkerne, die Hegler auf der Lübecker Naturforscher-Versammlung demonstrierte, fehlt bisher jede Mitteilung.

1. Der Bau von Spirillum undula.

In seiner ersten Abhandlung (I, p. 23) hatte Bütschli behauptet, dass lebende oder durch Osmiumsäure getötete Spirillen jederseits ein helles durchsichtiges Endstück und einen dunklen Centralkörper zeigen und dass dieser Unterschied auch bei der Färbung hervortritt. Bütschli deutete die hellen Enden als spärliche Rindenschicht, die als erster Anfang eines Cytoplasmas, dem mächtigen Centralkörper sich zugeselle.

Ferner beschreibt Bütschli (I, p. 24), dass bei der Teilung der Centralkörper in zwei neue Hälften auseinandergeht, zwischen denen eine helle Zone, die neue Rindenschicht der Tochterindividuen erscheint.

Ich hatte diese Darstellung Bütschlis bekämpft (II, p. 25—29) und zu zeigen versucht, dass sowohl die als Rindenschicht gedeuteten hellen Enden, als auch die angeblichen Teilungsstadien des Centralkörpers durch Präparationsplasmolyse beim Eintrocknen auf dem Deckglas entstehen. Ich stellte (Taf. I, 1—11) eine Anzahl Teilungsstadien mit Geisselentwicklung zusammen, welche meine Deutung veranschaulichen sollten. Dabei benutzte ich gewöhnliche Ausstrichpräparate mit vollem Recht, da Bütschli besonders angegeben hatte, dass auch bei ihnen die Centralkörper zu sehen seien.

Bütschli macht mir neuerdings (II, p. 57) den Vorwurf, dass ich Osmiumdämpfe, die ihm die gleichen Bilder gegeben hätten, nicht untersucht habe. Er vergisst aber dabei einen sich anschliessenden Satz aus meiner Arbeit zu citieren (II, p. 26), wo es heisst: „es ist aber überflüssig, diesen Möglichkeiten weiter nachzuspüren, da ja nach Bütschlis eigener, bereits erwähnten Angabe auch in gewöhnlichen Ausstrichpräparaten und bei Färbung mit Anilinfarben der Centralkörper der Bakterien, also doch auch des Spirillum undula, sichtbar wird." Durch diesen Nachsatz gewann meine Bemerkung, dass ich Osmiumdämpfe nicht versucht habe, ein ganz anderes Gesicht.

Da neben Osmiumdämpfen besonders noch Jodalkohol (50 %) von Bütschli als Fixierungsmittel angeführt wird, das Centralkörper und helle Enden gut sichtbar macht, so habe ich diese Mittel nunmehr auch versucht.

Ehe ich meine Resultate mitteile, sei noch auf einen Punkt hingewiesen. Bütschli hatte in seiner ersten Arbeit (I, p. 22) gesagt: „Eine gute Erläuterung und Bestätigung der geschilderten Verhältnisse liefert auch . . . Spirillum

undula.“ Ich war deshalb wohl in vollem Recht, als ich denselben Organismus zur Nachuntersuchung herauswählte.

Jetzt aber sagt Bütschli (II, p. 60): „Das Spirillum undula ist jedenfalls zur ersten Untersuchung des Centralkörpers ein sehr wenig geeignetes Objekt.“ Ich halte nach wie vor diese grossen Spirillen für ein sehr geeignetes Objekt zur Widerlegung von Bütschlis Auffassung.

Osmiumdämpfe und Jodalkohol. Nach Bütschli (II) geben beide Mittel Centralkörper und helle Enden, wie auch aus seinen Figuren Taf. III, 16 (Osmium), Taf. III, 17, 18, 19, 21 (Alkohol) hervorgeht. Dagegen zeigen Taf. I, Fig. 19 und 20, Taf. III, 20 und 22 trotz Fixierung mit Alkohol keine hellen Enden. Bütschli (II, p. 59) hebt selbst hervor, dass er auch vielfach Exemplare fand, die von den hellen Enden nichts Deutliches zeigten. Er glaubt, dass zu intensive Färbung sie nur verdeckte. Von dieser intensiven Färbung ist nun allerdings in den Fig. 20 und 22, Taf. III, ebenso bei Photogramm 20, Taf. I nichts zu verspüren. Da Bütschli ausserdem immer sehr „vorsichtig“ färbte, so wundert es mich, dass er überfärbte Präparate bekam.

Ich habe bei Osmiumdämpfen und Jodalkohol niemals solche helle Enden gesehen (Fig. 69, 71, 72, Taf. III), was auch erklärlich ist, da die Spirillen sehr schnell getötet werden. Ich verfuhr hierbei in der Weise, dass ich ein Deckglas mit einem kleinen Tropfen mit Spirillen auf die Mündung der Osmiumflasche legte, wobei, wie Kontrolle ergab, schon in einer halben Minute der Tod eintrat. Plasmolyse liess sich jetzt mit 5 % Salpeter nicht mehr hervorrufen. Der kleine Tropfen wurde nun auf dem Deckglas eingetrocknet und dies dann längere Zeit unter der Wasserleitung zur Entfernung der Osmiumsäure ausgewaschen. Die Spirillen waren ohne Ausnahme unplasmolysiert festgetrocknet.

Ebenso liess ich mit Jodalkohol vermengte Spirillentropfen eintrocknen mit dem gleichen Erfolg.

Gefärbt wurde mit verdünntem oder unverdünntem Delafields Hämatoxylin, mit 0,1 % Methylenblau, mit Eisenalaunhämatoxylin, mit Gramscher Methode.

Bei Differenzierungsfärbungen wurden stets zwei Präparate gemacht, das eine ohne Differenzierung, das andere mit sehr starker. So bot sich Gelegenheit, alle Grade der Färbung vom kräftigsten bis zum schwächsten zu durchmustern, so dass alle durch Färbung sichtbar zu machenden Differenzen des Objektes hervortreten mussten.

Helle Enden waren nie zu sehen, immer reichte der gleichmässig gefärbte Inhalt bis in die Spitzen, die Insertionsstellen der Geisselbüschel (Fig. 69, 71, 72, Taf. III). Ebenso fehlte natürlich auch jede Hervorhebung eines Centralkörpers. Auch solche Individuen, die an ihrer Form als Teilungsstadien zu erkennen waren, hatten einen gleichmässig gefärbten Inhalt, auf keinem Stadium war etwas von zwei Centralkörpern, von einem hellen Abschnitt in der Teilungszone zu sehen. Eine Zusammenstellung einiger sich teilenden Individuen geben die Fig. 69, 71, 72, Taf. III. Es sei bemerkt, dass der Inhalt bei der Teilung einfach durchgeschnürt wird.

Wie es kommt, dass Bütschli bei Fixierung mit Osmiumdämpfen oder Jodalkohol helle Enden und Teilungen eines Centralkörpers zu sehen bekam, vermag ich nicht zu beurteilen. Der gleichmässig gefärbte Inhalt zeigte auf das schönste den Bau, den ich nach dem plasmolytischen Verhalten schon erschlossen hatte, d. h. einen plasmatischen Wandbeleg und einen centralen Saftraum, der nun allerdings nicht ohne Unterbrechung das ganze Zelleninnere durchsetzt, sondern gekammert ist. Durch das Zellinnere ziehen quer zur Längsachse der Zelle protoplasmatische Septen, so dass mehrere kleinere Vakuolen sich in der Längsachse aneinanderschliessen. Bütschli hat

dies auch gesehen (II, Taf. III, 19, 20; Taf. I, 19) und bezeichnet den Bau als wabig. Auch eine feine Schaumstruktur kommt oft vor, d. h. die Zahl der Vakuolen ist grösser, ihr Umfang geringer geworden. Sie liegen dann nicht mehr in einer einfachen Längsreihe, sondern in wechselnder Anordnung auch quer nebeneinander, wie es auch Bütschlis Bilder (II, Taf. III, 17, 18) veranschaulichen. Kurz, die Vakuolisierung des Protoplasten wechselt, als Ausdruck für seine wechselnden physikalischen und chemischen Eigenschaften, deren Gleichgewichtslage die jeweilige morphologische Struktur des Inhalts vorstellt.

Da der protoplasmatische Wandbeleg und die Vakuolenwände annähernd die gleiche Dichte haben, so färben sie sich auch gleichstark und werden bei Differenzierung zu gleicher Zeit entfärbt.

Die roten Körner Bütschlis sind in sehr wechselnder Zahl und Gruppierung vorhanden, weder aus ihrer Menge noch aus ihrer Anordnung auf den verschiedenen Teilungsstadien der Spirillen lässt sich ein Zusammenhang der Körner mit der Teilung herausfinden.

Auf diese Frage hin wurden mit Jodalkohol fixierte Spirillen noch genauer durchgesehen. Sie waren mit Eisenhämatoxylin gefärbt und stark differenziert, so dass nur noch die „roten“ Körner schwarz waren, alles andere war mit Safranin nachgefärbt (Fig. 72, Taf. III). Die Zahl der Chromatinkörner (roten Körner) in jungen Individuen, die aufgetrocknet $^1/_4 — ^1/_3$ Kreisumfang gross waren, schwankte zwischen 5 und 10, betrug im Durchschnitt 6. In grossen, aufgetrocknet über einen Halbkreis einnehmenden Individuen, die also unmittelbar vor der Teilung standen, zählte ich zwischen 3 — 13 Körner, im Durchschnitt 8. Dabei war die Lagerung in den Zellen eine ganz beliebige, von der Teilung ganz unabhängige. Auch die Grösse schwankte. Andeutungen, dass die Körner durch Teilung sich vermehrten, waren nicht zu sehen.

Aus diesen Beobachtungen würde freilich nichts gegen die Kernnatur der „roten Körner“ folgen, da in vielkernigen Zellen bei Cladophoren, wie Strasburger (p. 206) und Schmitz (IV, p. 32) zeigten, ebenfalls keine Beziehungen zwischen Kern- und Zellteilung bestehen.

Wenn in den der Teilung nahestehenden Spirillen die Zahl der Körnchen etwas grösser ist als bei den andern, so würde sich das ebensogut mit der Ansicht vertragen, dass die Körner aufgespeicherte Assimilationsprodukte sind, die ja ceteris paribus in einer grösseren, also hier auch älteren Zelle sich reicher angesammelt haben könnten.

Trockenpräparate. Ganz andere Bilder erhält man, wenn ein Tropfen mit lebenden Spirillen eingetrocknet wird; es tritt Präparationsplasmolyse ein, zwar nicht an allen, aber an den meisten Individuen (Fig. 70, Taf. III).

Bütschli (II, p. 57, 58) bekrittelt meine Bemerkung (II, p. 27), dass die Präparationsplasmolyse vorwiegend am Rande des eingetrockneten Tropfens, im Innern aber nur an einzelnen Individuen auftrete, und meint, dass ich ihm zumute, nur die plasmolysierten Individuen am Rande untersucht und ihr abweichendes Verhalten gegenüber den andern übersehen zu haben. Dagegen habe ich zunächst zu bemerken, dass der Salzgehalt spirillenhaltigen Wassers, das faulende Massen immer enthält, ein sehr verschiedener sein wird. Ich kann natürlich nicht wissen, was Bütschli für Kulturen besass. Es bedarf ja aber, wie ich (II, p. 21) zeigte, nur eines Gehaltes von 0,25 % Kochsalz oder von 0,5 Salpeter, um durch den ganzen Tropfen beim Eintrocknen allgemeine Plasmolyse hervorzurufen. Der gesamte Gehalt fauligen Wassers an Neutralsalzen wird aber leicht den osmotischen Wert von 0,25 NaCl. übersteigen.

Ferner habe ich zu erwähnen, dass gerade das Präparat, von dem bei mir (II, p. 27) die Rede war, zur Be-

handlung mit Löfflerscher Beize hergestellt, d. h. dass die Probe spirillenhaltigen Wassers noch stark mit Wasser verdünnt war. Hier war es selbstverständlich, dass die Präparationsplasmolyse fast allein am Tropfenrande eintreten musste.

Verdünnt man aber spirillenhaltiges Wasser nicht und lässt es eintrocknen, so sind durch das ganze Präparat fast alle Individuen plasmolysiert. Da Bütschli zu den gewöhnlichen Färbungen eine Verdünnung des Kulturwassers nicht brauchte, so wird er wohl auch solche unverdünnt eingetrocknete Tropfen mit allgemeiner Präparationsplasmolyse vor sich gehabt haben.

Durch diese werden ausserdem gar nicht so durchweg unregelmässige Bilder hervorgerufen, wie Bütschli (II, p. 59) meint. Gerade eine Durchschnürung in zwei gleiche Teile, wie es Bütschli (I, Fig. 6b) und Mitrophanow (Taf. XIX, 39a u. b) darstellen, ist sehr häufig und muss auch, wie jeder Kenner des Plasmolysevorganges weiss, sehr häufig sein. Meine Abbildungen (II, Taf. I, 1—11) sind zusammengesucht und können durchaus keinen Massstab für die Häufigkeit der einzelnen Kontraktionsformen des Inhaltes abgeben. Ich habe jetzt in einem unverdünnt eingetrockneten Tropfen eine Zählung vorgenommen, es stellte sich hierbei die interessante Thatsache heraus, dass unter 170 Individuen, die bunt durcheinander lagen, 72 eine Durchschnürung des Inhaltes in annähernd 2 gleiche Hälften und eine farblose Zone zwischen diesen zeigten, (Fig. 70a auch a^1, Taf. III), also ganz dem oben erwähnten Bilde Bütschlis entsprechend. Unter den übrigen Individuen waren nur 10 gar nicht plasmolysiert, der Inhalt der anderen war in verschiedener Weise in zwei oder drei Teile durchgeschnürt, deren verschiedene Grösse und Lagerung einzeln nicht geschildert zu werden braucht. Ein Hinweis auf die Fig. 70, Taf. III wird genügen.

Man wird auch da sehen, dass die einzelnen Schnürstücke des Protoplasten die gleiche Struktur haben

wie die mit Osmiumdämpfen oder Jodalkohol fixierten Spirillen, d. h. die vom Wandbeleg umgrenzten Vakuolen sind noch durch Quersepten gekammert, nach Bütschlis Ausdrucksweise wabig.

Ich muss aus den Bildern der Plasmolyse immer wieder schliessen, was ich schon früher schloss und was ja die Abbildungen auch zeigen, dass der Protoplast der Bakterien denselben Bau hat wie in ausgewachsenen Pflanzenzellen, dass er aus einem der Zellwand angepressten dünnen Schlauch (Primordialschlauch, Wandbeleg) besteht und den Zellsaft umschliesst, der den grössten Teil des Zellinnern erfüllt. Dass dieser Zellsaftraum hier bei Spirillen durch Quersepten aus Protoplasma unregelmässig gekammert ist, ändert an dem Prinzip meiner Auffassung nichts, denn solche Zustände finden sich in schmalen cylindrischen Pflanzenzellen sehr oft. Ich erinnere nur an die Zellen der Pilzmycelien und verweise auf Abbildungen bei Brefeld (Taf. I, 2, 3), wo ganz die gleichen Strukturen für Penicillium dargestellt sind.

Wenn Bütschli (II, p. 62) mir vorwirft, meine Vorstellung über den Bau der Bakterien beruhe in keiner Hinsicht auf einer thatsächlichen Erforschung ihres Baues, sondern werde einfach aus ihrem Verhalten bei der Plasmolyse erschlossen, so zeigt er nur, wie wenig er einerseits die Tragweite dieses Vorganges abzuschätzen vermag, wie sehr er anderseits über das Ziel hinauszuschiessen beliebt.

Wenn Bütschli anderseits meint (II, p. 62), die plasmolytischen Erscheinungen seien ganz vollkommen mit dem Wabenbau vereinbar, die zahlreichen mit Flüssigkeit erfüllten Wabenräume hätten plasmolytisch ungefähr dieselbe Wirkung wie eine einheitliche grosse Zellsafthöhle, so zeigt er nur, wie unmöglich es ihm geworden ist, vom Wabenbau bei Fragen sich loszureissen, die damit gar nichts zu thun haben. Ich hatte doch die Plasmolyse nicht

benutzt, um gegen seine Wabentheorie mich zu wenden, sondern nur gegen seine Deutung des Bakterieninhaltes als eines protoplasmafreien Zellkernes, da eben ein dem Zellkern zu vergleichendes Gebilde sich nicht so verhalten könne wie ein Protoplast. Ich sagte (II, p. 29) auch: „der Centralkörper würde doch nach Bütschlis Auffassung ein fester gefügtes Ganze bilden, so wie der Zellkern.“ Bütschli (II, p. 62) bemerkt dazu, er habe sich über den Aggregatszustand des Centralkörpers nicht ausgesprochen. Ich frage nur: liegt denn in meinem Satze ein Ausspruch über einen Aggregatszustand? Doch wohl nicht. Ist aber ein Gebilde, das nach Bütschli (I, p. 24) bei der Teilung von Spirillum in zwei neue Hälften auseinandergeht, die beiden neuen Centralkörper, zwischen denen eine helle Zone Rindenschicht vorhanden ist, nicht ein fester gefügtes Ganze, so wie der Zellkern?

Bütschli (II, p. 62) bemerkt dann, plasmolytische Schrumpfung und Deformation des Inhaltes echter Zellkerne seien jedem Histologen bekannte Dinge. Das muss ich denn doch sehr bezweifeln, Bütschli verwechselt hier allem Anschein nach Schrumpfungen, wie sie fixiertes Material sehr oft zeigt, mit der nur an lebendem Material eintretenden Plasmolyse, die doch von mir allein zur Begründung meiner Ansicht benutzt wurde. Eine Plasmolyse des Inhaltes echter Kerne hat aber ausser Bütschli sicher noch niemand gesehen, denn über die osmotischen Eigenschaften des Kernes und darüber, ob er innerhalb der Zelle ein selbstständiges osmotisches System bildet, fehlen alle Versuche.

Es bleibt noch ein Punkt übrig. Bütschli hat (I, p. 23, Fig. 6b; II, p. 58, Taf. III, 17—19) mehrfach gesehen, dass der Inhalt der hellen Enden, die sog. Rindenschicht, sich etwas zurückgezogen hatte, so dass ein zarter Saum zu sehen war. Ich hatte (II, p. 28) auch diese Erscheinung durch Präparationsplasmolyse erklärt, da meistens an der

Insertionsstelle der Geisselbüschel ein geringer Rest des Protoplasten hängen bleibt. Dieselbe Erscheinung hat auch Mitrophanow beobachtet und abgebildet (p. 506, Taf. XIX, Fig. 39a). Bütschli glaubt in diesem zurückgezogenen, schwach gefärbten Saum die Rindenschicht vor sich zu haben und sieht darin einen Hauptbeweis dafür, dass die hellen Enden wirklich existieren, nicht durch Retraktion entstehen. Da meine Abbildungen (II, Taf. I) nach gebeizten Präparaten hergestellt waren, so konnten sie auch nur den Gesamtumriss der Protoplastenstücke wiedergeben.

Zettnows Bilder (Taf. I), die Bütschli (II, p. 55) zur Bestätigung seiner Ansicht herbeizieht, sehen, glaube ich, weit zerrissener und deformierter aus wie die meinigen. Ich habe schon früher (II, p. 36) Zettnows Bilder als Präparationsplasmolyse gedeutet und kann ihnen keine andere Beweiskraft als denen Bütschlis zuerkennen.

In den Individuen a' der Fig. 70, Taf. III dieser Arbeit wird man wieder die kleinen Restchen von Protoplasma sehen, die bei der Präparationsplasmolyse in den Enden hängen geblieben sind und von Bütschli fälschlich als Rindenschicht gedeutet werden.

Andere Fixierungsmittel, wie Chromsäure 0,5 %, Jodjodkalium, 96 % Alkohol, die Lösungen Flemmings und Altmanns geben genau dieselben Bilder, d. h. keine Spur einer Sonderung des Inhaltes in Centralkörper und Rinde ist zu bemerken. Der Protoplast zeigt den in Fig. 69, 71, 72, Taf. III für Jodalkohol und Osiumdämpfe abgebildeten Bau. Irgendwelche andere an Kerne erinnernde Bildung ist nirgends wahrzunehmen.

Ergänzt man nach den Beizungspräparaten die an fixiertem Material gewonnenen Bilder durch die lophotrichen Geisseln, so würde der Bau eines Spirillum der Fig. 72a, Taf. III entsprechen, die wohl nach dem Vorhergehenden keiner weiteren Beschreibung bedarf.

2. Andere Formen.

Cladothrix dichotoma. Bütschli (I, p. 24, Fig. 11) konnte bei Alkoholfixierung eine Rindenschicht mit Sicherheit nicht auffinden und hält den ganzen Inhalt der Glieder für den Centralkörper. Aus der Abbildung ersieht man deutlich, dass durch den Alkohol der Inhalt schwach kontrahiert war, weshalb auch die durch die Querwände gehenden protoplasmatischen Verbindungen der Glieder sichtbar wurden.

Wenngleich Bütschli eine erneute Prüfung für notwendig erklärt, so hätte es ihm doch schon bedenklich erscheinen müssen, dass eine so grosse, morphologisch sogar höher als die Beggiatoen stehende Form keine deutliche Rindenschicht zu besitzen schien. Wenn diese Bakterien es noch nicht einmal bis zur Bildung von Protoplasma (Rindenschicht) gebracht hatten, so war es doch sonderbar, dass das tiefer stehende Spirillum sie bereits besass.

In Wirklichkeit schliesst sich Cladothrix vollkommen an Spirillum oder an den Milzbrandbacillus an, wie mit Jodalkohol fixiertes Material zeigt (Fig. 73 und 74, Taf. III). Der Inhalt ist hier nicht kontrahiert, sondern erfüllt das ganze Zellinnere, es hebt sich deutlich ein kräftiger protoplasmatischer Wandbeleg von dem Zellsaftraum ab, der auch hier durch schmale Brücken gekammert, in zahlreiche kleine Vakuolen zerklüftet ist. Kurz, es kehrt das Bild von Spirillum oder das einer Mycelzelle von Penicillium wieder. Nirgends ist ein besonderer Centralkörper, nirgends eine Rinde zu sehen. Da Jodalkohol zuweilen doch auch noch schwache Kontraktionen hervorruft, so sieht man nicht selten auch die protoplasmatischen Fäden zwischen den Nachbargliedern.

Grosse Vorsicht ist bei der Kernfrage anzuwenden. Wer Fig. 73, Taf. III sieht, wird sofort den kräftig

gefärbten, dunklen Körper in jedem Gliede für einen Zellkern erklären. Dass dies falsch ist, zeigt Fig. 74, Taf. III. Hier enthält jedes Glied mehrere solcher Körnchen, von denen bald eins durch seine Grösse sich auszeichnet, bald mehrere gleich gross sind. Alle diese gleich stark gefärbten Körnchen als Kerne aufzufassen, würde auch nicht zu rechtfertigen sein, denn eine Zelle ist nicht bald ein-, bald mehrkernig. Auch zur Teilung lassen sich keine Beziehungen herauslesen, ebensowenig wie bei Spirillen (p. 105).

Diese Körnchen, die schon in der lebenden Cladothrix als glänzende Kügelchen zu sehen sind, dürften wohl auch nur irgendwelche Reservestoffe sein. Oft häufen sich daneben aber fett-glänzende Stoffe in grossen Mengen auf, so dass es aussieht, als ob die Glieder in Kokken zerfallen wären, eine Täuschung, auf die bereits Büsgen (p. 150) hingewiesen hat.

Auch Fixierung mit Osmiumsäure und nachfolgende Färbung mit Methylenblau giebt sehr schöne, mit den geschilderten ganz übereinstimmende Bilder.

Noch sei bemerkt, dass Billet (p. 56) zahlreiche Fälle von Plasmolyse als Stadien der Sporenbildung aufgefasst hat, wie besonders aus seiner Taf. IV hervorgeht.

Bacillus Anthracis. Junge Stäbchen, vor dem Beginn der Sporenbildung in Jodalkohol fixiert, mit Hämatoxylin gefärbt, haben den in Fig. 75, Taf. III dargestellten Bau, stimmen also durchaus mit Spirillum und Cladothrix sowohl in Bezug auf den Protoplasten mit seinen Vakuolen, als auch rücksichtlich der sog. Chromatinkörner überein.

Etwas ältere Stäbchen aber geben ein anderes Bild (Fig. 76, Taf. III) und zeigen, dass die Spore durch eine Zusammenziehung des Inhalts entsteht, der aber noch vollkommen den Bau der jungen Stäbchen erkennen lässt. Solche junge Sporen sind es auch, die Sjöbring (p, 67, Taf. III, 1—3) als Kerne beschreibt. Das geht auch neben

der vollkommenen Uebereinstimmung seiner und meiner Abbildungen daraus hervor, dass er sagt „das Protoplasma der mit Kernen versehenen Bakterienzelle zeigt sich in den Präparaten ohne wahrnehmbare Struktur". Denn das ganze Protoplasma vielleicht bis auf dürftige Reste kontrahiert sich zu dem jungen, von Sjöbring als Kern gedeuteten Sporenkörper, während die Membran, von Sjöbring als strukturloses Plasma gedeutet, entleert und nur schwach färbbar zurückbleibt. Ich habe die Weiterentwickelung der Sporen genauer nicht verfolgt, möchte aber doch hervorheben, dass die junge Anlage zwar später sich noch mehr kontrahiert und etwas verdichtet, dass aber die schwerere Färbbarkeit der reifen Spore nur durch die Impermeabilität ihrer Haut bedingt wird. Es ist sicher, dass man nunmehr auch die feinen Vorzüge bis zur Ausbildung der reifen Spore färberisch wird verfolgen können.

Typhusbacillus. In Jodalkohol fixiert, mit 0,1% Methylenblau 10 Sekunden gefärbt, lassen die Typhusbacillen (Fig. 77, Taf. III) an vielen günstigen Individuen den gleichen Bau erkennen, wie die bisher besprochenen grossen Bakterien. Ein stärkerer Wandbeleg nebst gekammertem Saftraum tritt in der in Fig. 77 möglichst genau wiedergegebenen Deutlichkeit hervor. Die schwarzroten Körner imponieren, wenn nur eines in einer Zelle liegt, durchaus als Zellkerne, deren Wert aber hier denselben Zweifeln unterliegt wie bei Spirillen, Cladothrix und anderen. Die gleichen Bilder geben Osmiumdämpfe. Um unsere gegenwärtigen Kenntnisse vom Bau des Typhusbacillus durch ein Bild zu veranschaulichen, sind in Fig. 77a die peritrichen Geisseln ergänzt.

Choleravibrionen, in gleicher Präparation wie der vorige sind in Fig. 78, in Fig. 78a mit ergänzter Geissel darstellt. Auch hier ist, deutlicher sogar als beim Typhusbacillus die schon oft beschriebene Gliederung des Inhaltes zu erkennen. Niemals helle Enden oder Centralkörper, die

man aber beide in gewöhnlichen Trockenpräparaten mit Präparationsplasmolyse oft finden wird. Dagegen wird man in Osmiumpräparaten nur dieselben Bilder wie bei Jodalkohol antreffen, gleichviel ob mit Methylenblau oder Delaf. Hämatoxylin gefärbt worden ist.

Wasservibrio auf Taf. I, Fig. 25 (Jodalkohol, Hämatoxylin) schliesst sich durchaus an die anderen Bakterien an, sowohl in Bezug auf die Gliederung des Protoplastes, als auch auf wechselnde Zahl und Anordnung der stärker färbbaren Körnchen, die in einigen Individuen der Fig. 25 ganz fehlen.

3. Deutung des Bakterienkörpers.

Da schon bei Spirillum undula ausführlich auf Bütschlis Deutung des Bakterienkörpers eingegangen wurde, so dürfte es genügen, hier nochmals kurz das Wesentliche hervorzuheben. Soweit sich Bütschlis Deutung auf die Färbung durch sog. Kernfarbstoffe stützt, dürfte sie keine Berechtigung mehr haben durch den Nachweis, dass Kernfarbstoffe gar nicht existieren. Die Färbbarkeit des Bakterienkörpers ist oft keine stärkere wie die anderer Zellinhalte und beruht auch dort, wo sie eine grosse ist, nur auf physikalischen Eigenschaften, giebt über chemische Natur und morphologischen Wert gar keinen Aufschluss. Die hellen Enden, die Bütschli als erste Anfänge eines zum Centralkörper (gleich Kern) hinzukommenden Protoplasmakörpers deutet, fehlen bei allen untersuchten Bakterien, sobald geeignete Fixierungsmittel wie Jodalkohol, Osmiumdämpfe verwendet werden. In allen Trockenpräparaten sind solche helle Enden und auch scheinbare Teilungsbilder auf Präparationsplasmolyse zurückzuführen. Durch den Nachweis, dass der gleichartig sich färbende Inhalt die Bakterienmembran ganz erfüllt, dass er also nicht in stärker färbbare Centralkörper und weniger färbbare Rinde gegliedert ist, wird auch der Vergleich mit den

Cyanophyceen hinfällig. Dies um so mehr, als bei diesen ein echtes Chromatophor, also eine schon weit fortgeschrittene Arbeitsteilung nachgewiesen werden konnte, von der weder bei den schwefelhaltigen, noch den anderen Bakterien etwas zu bemerken ist. Ihre verwandtschaftlichen Beziehungen zu den Cyanophyceen werden dadurch noch mehr gelockert, die Bakterien erscheinen als Vorläufer der Flagellaten.

Auch das Verhalten der Bakterien gegen Flusssäure dürfte noch gegen Bütschlis Ansicht kurz anzuführen sein. Während der Centralkörper der Cyanophyceen ganz oder fast ganz durch Flusssäure herausgelöst wird, werden Bakterien, die, an Baumwolle angetrocknet, mit Flusssäure behandelt wurden, nur wenig verändert. Sowohl Chromatien, als Sarcinen, Wasservibrionen und andere Arten, die gelegentlich auch zwischen den Cyanophyceenrasen vorkamen, verlieren in der Flusssäure nur wenig von ihrem Inhalt, der durchweg etwas aufgelockert wird, wie anderes Protoplasma auch. Besonders sei noch auf Chromatium hingewiesen, das in der Flusssäure kein peripherisches Chromatophor, aus dem der sog. Centralkörper herausgelöst ist, zurücklässt, sondern auch hier erkennen lässt, dass der ganze Inhalt gleichartig beschaffen ist.

Das plasmolytische Verhalten der Bakterien zeigt, dass ihr Inhalt ein ebensolches osmotisches System darstellt wie der einer ausgewachsenen Pflanzenzelle, dass er in einen Wandbeleg und Zellsaftraum, der bei gestreckter Form wohl aus physikalischen Ursachen gekammert ist, sich gliedert, so dass nur der Zellkern zur vollen Uebereinstimmung fehlt. Aus allen diesen Gründen verdient der Inhalt der Bakterien nicht den Namen eines Kernäquivalentes, eines Centralkörpers, sondern den eines Protoplasten.

Die stärker färbbaren Granula dieses Bakterienprotoplasten machen, wenn sie einzeln in jeder Zelle sich finden,

durchaus den Eindruck von Zellkernen (Fig. 25, Taf. I, Fig. 73 und einigen Individuen der Fig. 77 u. 78, Taf. III), sowohl in ihrem Grössenverhältnis zur ganzen Zelle, als auch oft in ihrer Lage (z. B. Fig. 73, 75a, Taf. III). Dagegen fällt jede Aehnlichkeit mit Kernen weg, sobald mehrere solcher Körnchen sich finden, was bei Cholera (Fig. 78) und Typhus (Fig. 77), bei Cladothrix (Fig. 74), Milzbrand und Vibrionen (Fig. 25) sehr oft, bei Schwefelbakterien (Fig. 67, 68) regelmässig vorkommt. Hier würde nur zweierlei anzunehmen sein. Entweder alle die gleichartig sich färbenden Körner sind gleichwertig, was durchaus nicht notwendig ist, und sind entweder alle Kerne oder alle keine Kerne. Aus der ersten Annahme folgte, dass eine Zelle bald ein-, bald vielkörnig sein kann, wofür bisher kein Beispiel vorliegt. Im anderen Falle liesse sich die Natur der Körner nicht näher bestimmen. Oder man müsste annehmen, dass unter den sich gleichfärbenden zahlreichen Körnern einer Zelle das eine nur der Zellkern sei. Hier würde dann einstweilen die weitere Unterscheidung aufhören, da andere Anhaltepunkte sich nicht ergeben. Den in sich teilenden Spirillen (Fig. 72) waren keine Beziehungen dieser Körnchen zum Teilungsvorgange aufzudecken. Für vielkernige Zellen wäre das ja auch nicht nötig, für einkernige aber doch sehr wahrscheinlich.

Meiner Ansicht nach fehlt es durchaus an jedem guten Grunde, diese Körnchen, auch wenn sie nur einzeln vorkommen, als Zellkern zu deuten. Dennoch glaube ich, dass es manchem schwer fallen wird, meiner Ansicht sich anzuschliessen. Bilder wie Fig. 73, Fig. 75 und Fig. 77a werden, dafür dass die Bakterien einen Kern enthalten, vielleicht beweiskräftig genug erscheinen.

Wer solche Schlüsse zu ziehen beabsichtigt, wird aber erst noch durch eingehende Kulturversuche den Beweis zu erbringen haben, dass die Körnchen nicht bloss Reservestoffe, für die ich sie halte, sind.

Auch die Deutung dieser Körnchen als Chromatinkörner ist, da sie auf Färbungsresultaten, denen nur nebenbei einige zweifelhafte mikrochemische Reaktionen zu Hülfe kommen sollen, ausschliesslich ruht, als unsicher und willkürlich zu bezeichnen.

Die Geisseln, über deren Natur ich früher (II) einige Versuche veröffentlichte, halte ich nicht bloss für einen Teil der Membran, sondern, für Teile des Protoplastes, die nur nach ihrer Ausbildung eine gewisse Selbständigkeit erlangen. Die Membran endlich ist nur durch ihre chemische Zusammensetzung von einer gewöhnlichen Pflanzenmembran verschieden.

Resultate.

Die Färbung histologischer Präparate beruht nicht auf chemischer Verbindung zwischen Farbstoff und Gewebselementen, sondern ist eine physikalische Erscheinung der Oberflächenattraktion und Adsorption (p. 5).

Auch Doppelfärbungen und metachromatische Färbungen, z. B. mit Delafields Hämatoxylin erklären sich aus den physikalischen Eigenschaften der Objekte vollkommen.

Bei Farbgemischen, zu denen auch die gebräuchlichen Hämatoxylinlösungen zu rechnen sind, ist die verschiedene Diffussionsgeschwindigkeit der einzelnen Komponenten oft allein massgebend für den Erfolg (p. 7—9).

Kernfarbstoffe im Sinne der Autoren giebt es nicht (p. 11). Starke oder metachromatische Färbung sagt weder über die Zugehörigkeit zu irgend einer Gruppe von Eiweisskörpern, noch über den morphologischen Wert eines Zellelementes irgend etwas aus (p. 11).

Bei der Pepsinverdauung lebender oder durch Alkohol oder heisses Wasser getöteter Fäden von Spirogyren und Cyanophyceen tritt stets eine allgemeine, enzymatische

Kontraktion des Gesamtinhaltes ein, die leicht zu Täuchungen führen kann (p. 20).

Die Rinde der Cyanophyceen ist in toto ebenso unverdaulich wie der Centralkörper. Verdauungsversuche geben sonach keinen Aufschluss über die Kernnatur des letzteren (p. 22),

Die grüne Rinde der Cyanophyceenzelle ist ein echtes Chromatophor, das durch Salz-, besonders aber durch Flusssäure vom übrigen Inhalt isoliert werden kann (p. 26).

Das Chromatophor der Cyanophyceen ist meist ein beiderseits offener Hohlcylinder (Oscill., Tolypoth., Lyngbya), zuweilen auch geschlossen tonnenförmig oder hohlkugelig (Gloeocapsa, manche Zellen von Hapalosiphon (p. 28).

Schon die plasmolytischen Erscheinungen führen dazu, einen protoplasmatischen Wandbeleg bei den Cyanophyceen anzunehmen. Seine Gegenwart wird durch die Körnchenansammlungen an den Querwänden angedeutet (p. 25).

Die von den Autoren angeführten mikrochemischen und farbenanalytischen Merkmale gestatten keine sichere Unterscheidung der Granulationen und klumpigen Massen bei den Cyanophyceen. Es ist anzunehmen, dass die genannten Gebilde Reservestoffe und Assimilationsprodukte irgend welcher Art sind, wobei es ganz unentschieden bleiben muss, ob Kohlehydrat oder Eiweisskörper (p. 40).

Einen Teil der Granulationen wegen ihrer Rotfärbung mit Hämatoxylin als Chromatinkörner zu bezeichnen, wie Bütschli, ist durchaus unbegründet; damit fällt ein Hauptbeweis für die Kernnatur des sog. Centralkörpers der Cyanophyceen (p. 42—48).

Die Grundmasse des Centralkörpers ist nichts weiter als der vom Chromatophor umschlossene Hauptteil des Protoplastes, in den auch, ähnlich wie bei Florideen, Melano-

phyceen und Euglena, die Assimilationsprodukte abgelagert werden (p. 68).

Die Grundmasse färbt sich oft nur relativ stark im Vergleich zu dem sehr wenig färbbaren Chromatophor und kann nicht dem Kerngerüst verglichen werden (p. 51—55).

Raumverhältnisse spielen bei der Gruppierung des Inhaltes der Cyanophyceenzelle eine grosse Rolle und erklären die Zusammendrängung von Protoplast und Assimilationsprodukt innerhalb des Chromatophores (p. 69).

Weder bei der Zellteilung, noch bei der Sporenbildung tritt die Grundmasse des Centralkörpers irgendwie als selbständiges Organ der Zelle hervor (p. 56, 71).

Auch die Granulationen lassen bei der Teilung keine charakteristischen Verlagerungen erkennen. Eigenartig gestaltete Massen von Osc. tenuis sind nicht als Mitosen, sondern als drusenähnliche Krystalloide aufzufassen (p. 45).

Ein Kern oder kernähnliches Organ fehlt der Cyanophyceenzelle. Auch ist der sog. Centralkörper keine phylogenetische Vorstufe der Kerne höherer Organismen (p. 67, 72).

Bei Chromatium ist nicht, wie Bütschli will, eine gefärbte Rinde und ein ungefärbter Centralkörper vorhanden, sondern der Farbstoff ist gleichmässig durch den ganzen Inhalt verteilt. Dadurch ist jeder Vergleich mit den Cyanophyceen ausgeschlossen (p. 74, 83).

Der Farbstoff giebt leicht zu Täuschungen Anlass, weil er in Xylol, Benzol, Terpentin zu roten Tropfen zusammenfliesst, bei deren Bildung der Schwefel beteiligt zu sein scheint (p. 75—80).

Mit Hämatoxylin sich rot färbende Körnchen sind zwar bei Chromatien und Beggiatoen vorhanden, sie

können aber auf Grund der Färbung nicht als Chromatien gedeutet werden; ebenso wenig als Kerne (p. 84, 88).

Echte Kerne enthalten die Schwefelbakterien nicht. Der Centralkörper Bütschlis ist nur in schwefelreichen Individuen zu finden und ist weiter nichts als der durch die Schwefelkörner zusammengedrängte Teil des Protoplastes. Die hierdurch dichter zusammengeschobenen Wände des vakuoligen Inhaltes färben sich etwas stärker zwar, können aber deshalb nicht als Kernäquivalent angesehen werden (p. 84, 88).

In schwefelfreien Chromatien ist kein „Centralkörper" nachweisbar, weil die Bedingungen für seine Entstehung fehlen (p. 83, 84).

Die starke Färbbarkeit der Bakterien mit Kernfarbstoffen ist ein Mythus, ebenso unberechtigt wie die darauf gegründete Deutung der Bakterien als protoplasmafreier Kerne (p. 89).

Bei Fixierung mit Jodalkohol, Osmiumdämpfen und beliebigen anderen, nicht kontrahierenden Fixierungsmitteln treten weder bei Spirillen, noch bei anderen Bakterien helle, weniger sich färbende Enden auf (p. 103—114).

Der Centralkörper Bütschlis ist, soweit er von solchen hellen Enden begrenzt wird, weiter nichts als der durch Alkohol oder Präparationsplasmolyse kontrahierte ganze Protoplast (p. 106—110).

Füllt der Centralkörper die Zellhaut ganz aus, so fällt er mit dem Protoplast zusammen und verdient diesen Namen, aber nicht den eines Kernäquivalentes (p. 114, 115).

Der Inhalt der Bakterienzelle gliedert sich in einen protoplasmatischen Wandbeleg und einen Zellsaftraum, der bei gestreckter Form durch protoplasmatische Septen gekammert ist. Ein Zellkern ist mit den jetzigen Methoden nicht nachzuweisen (p. 115).

Die stärker färbbaren Körnchen sind weder Zellkerne, noch Chromatinkörnchen, sondern wahrscheinlich Reservestoffe (p. 116).

Die Bakterienzelle stellt ein gleiches osmotisches System dar, wie die Pflanzenzelle und hat stets eine Membran, von der der Inhalt durch Plasmolyse leicht abgelöst werden kann (p. 115).

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Schwefelbakterien und aller übrigen Bakterien zu den Cyanophyceen sind nur sehr lockere, äusserlich morphologische. Dagegen bestehen engere Beziehungen zu den Flagellaten (p. 115).

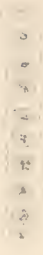
1.

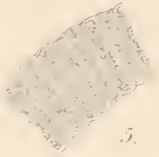
2.

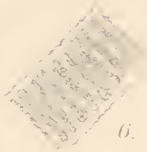
3.

4.

10.

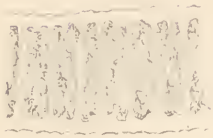

11.


5.

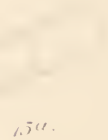

6.

8.

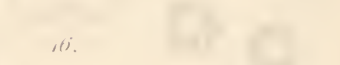
12.


7.

9.


15a.

b.


16.

13.

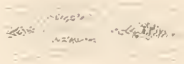
14.

17.

22.

19.

20.


21.

23.

25.

Erklärung der Abbildungen.

Die meisten Zeichnungen hat Herr Lithograph A. Kirchner nach meinen Präparaten, einige nach Skizzen ausgeführt. Die Vergrösserung ist hinter der Erklärung angegeben, apochromat.-homg. Immersion von Zeiss, 2 mm Brennweite mit Okular 4 = 500, Ok. 12 = 1500, Ok. 18 = 2250.

Taf. I.

Fig. 1—11. **Verdauungsversuche**
(Enzymatische Kontraktion).
p. 19—23.

Fig. 1. Eine kurzgliederige Spirogyra in Alkohol getötet, unverdaut. Der Inhalt ist nur wenig von der Wand zurückgewichen. 200 (p. 20).

Fig. 2. Eine ebensolche, durch Alkohol getötete Spirogyra nach 48stündiger Pepsinverdauung. Der ganze Inhalt stark kontrahiert und dadurch eine partieelle Verdauung von der Peripherie aus vortäuschend. 200 (p. 20).

Fig. 3. Eine langgliederige Spirogyra in heissem Wasser abgebrüht, Inhalt nur wenig kontrahiert. 200 (p. 20).

Fig. 4. Ein etwas dickerer Faden derselben Art wie in Fig. 3, abgebrüht und 48 h. verdaut. Starke Kontraktion des Inhaltes, dessen Chlorophyllbänder und Wandbeleg aber noch deutlich und in ihrem ganzen Umfange zu sehen sind. 200 (p. 20).

Fig. 5—9. **Oscillaria princeps.**

Fig. 5. In Alkohol, Inhalt nur wenig von der Wand zurückgezogen. 200 (p. 20).

Fig. 6. Alkoholmaterial nach 48 h. Verdauung. Kräftige enzymatische Kontraktion des Gesamtinhaltes. 200 (p. 20, 59).

Fig. 7. Wie Fig. 6, nur stärker vergrössert. Der kontrahierte Inhalt ist durchweg etwas aufgelockert durch teilweise Herauslösung, aber als Ganzes noch wohl erhalten. Die Einschnürungsstellen sich teilender Inhalte sind gut zu sehen. 500 (p. 20, 21, 59).

Fig. 8. Abgebrüht, Inhalt leicht von der Wand abgehoben. 200 (p. 20).

Fig. 9. Abgebrüht und 48 h. verdaut, starke enzymatische Kontraktion des Inhaltes. 200 (p. 20, 59).

Fig. 10. Tolypothrix Aegagropila, Alkoholmaterial, 48 h. verdaut, starke Kontraktion des Inhaltes, an dem aber deutlich das Chromatophor (Rinde) und der Centralkörper zu unterscheiden sind. Die Rinde ist nicht verdaut. Eisenalaunhämatoxylin. 2250 (p. 22, 23, 44).

Fig. 11. Oscillaria tenuis, Alkoholmaterial, 48 h. verdaut; die enzymatischen kontrahierten Inhalte liegen verschoben in den Zellräumen und lassen Chromatophor und Centralkörper gut unterscheiden. Eisenalaunhämatoxylin. 1500 (p. 21, 22).

Fig. 12—14. **Oscillarien in halbverdünnter Schwefelsäure.** (p. 57).

Fig. 12. Oscillaria Froehlichii, mehrere Stunden in 50 % H_2SO_4 liegend, nicht ausgewaschen. 500 (p. 57, 59).

Fig. 13. Osc. princeps, 20 Stunden in Schwefelsäure und in dieser beobachtet. Der Inhalt stark kontrahiert, zwischen ihm und der Wand keine wabige Rindenschicht. 600 (p. 57, 58, 59).

Fig. 14. Osc. princeps. Dieselben Zellen wie in Fig, 13, nachdem unter dem Mikroskop die Schwefelsäure ausgewaschen worden war. Es hat sich zwischen dem geschrumpften Inhalt und der Wand ein engwabiger Niederschlag gebildet, dessen Entstehung p. 58 schildert. So wird eine Rindenschicht vorgetäuscht. 600 (p. 58, 59).

Fig. 15—18. **Isolierung des Chromatophores mit Flusssäure.** (p. 26.)

Die lebenden Objekte in Flusssäure bis zur dreimaligen Aufwallung erwärmt.

Fig. 15. Tolypothrix Aegagropila. In Fig. b ist eine beginnende Durchschnürung des Chromatophores links zu sehen, die beiden

anderen kürzer nach eben vollendeter Teilung. In Fig. a gestreckte Zellen. Chromatophor hohlcylinderisch, an den Querwänden nur wenig offen, fast tonnenförmig. 2250 (p. 29, 59).

Fig. 16. Tolypothrix lanata. Aehnliche Chromatophoren wie bei voriger. 2250 (p. 29).

Fig. 17. Lyngbya spec. Offene hohlcylindrische, ringförmige Chromatophoren mit deutlicher radiärer Streifung. 2250 (p. 28).

Fig. 18. Oscillaria tenuis, wie vorige; links ist der Umriss der durch die Flusssäure herausgelösten centralen Masse, die Fig. 50, Taf. II darstellt, deutlich zu sehen; das rechte Chromatophor umschloss eine nicht so stark gelappte Masse, mehr der Fig. 50a entsprechend. 2250 (p. 28).
Man vergleiche noch Fig. 38, Taf. II. Oscillaria princeps mit Flusssäure.

Fig. 19. **Tolypothrix Aegagropila.**

Lebender Faden mit grossen, zellkernartig durchscheinenden Körpern (Proteinkrystalloiden). 2250 (p. 44).

Fig. 20—23. **Hapalosiphon pumilus.**

Verhalten des Centralkörpers bei der Teilung; Jodalkohol, Hämatoxylin. (p. 59).

Fig. 20. Ein Hauptfaden, dessen eine Zelle sich vergrössert hat, wobei das Chromatophor aus der offen hohlcylindrischen Gestalt der Nachbarzellen in die tonnenförmige überging. Die veränderte Zelle dürfte eine Zweiginitiale sein und demnächst der Länge nach sich geteilt haben. 2250 (p. 29, 61).

Fig. 21. Hauptfaden mit vollendeter Längsteilung einer Zweiginitiale, deren Nachbarzellen gleichfalls geschlossene tonnenförmige Chromatophoren haben. 2250 (p. 29, 60).

Fig. 22. Verzweigungsstelle, die Initiale hat sich hier, wenn sie sich nicht nachträglich verschoben hat, quer geteilt und dann senkrecht zur Fadenachse gestreckt. 2250 (p. 29, 61).

Fig. 23. Querteilung in einem Seitenast, beginnend mit einer Einschnürung des Chromatophores. 2250 (p. 29, 60).

Fig. 24. **Cylindrospermum.**

Eine Spore, deren reiche Granulationen durch schwache Flusssäure gelöst sind, während der Centralkörper und das Maschenwerk der Rinde zurückblieb.

Verdünntes Hämatoxylin. Man vergleiche dieses Bild mit denen von schwefelreichem Chromatium (Taf. III, 63, 65, 66). Es bedarf das Verhalten des Chromatophores bei der Sporenbildung nach weiterer Untersuchung. 600 (p. 72).

Fig. 25. **Grosser Vibrio** aus Sumpfwasser.

Jodalkohol, Delaf. Hämatoxylin. Sehr schöne vakuolige Strukturen des Protoplasten. „Chromatinkörner" in wechselnder Zahl und Anordnung in den Zellen, oft den Eindruck von Zellkernen hervorrufend. 2250 (p. 114, 116).

Taf. II.

Fig. 26—35. **Tolypothrix Aegagropila.**
(Der Einfachheit halber ist die Scheide weggelassen.)

Fig. 26. Alkohol, Hämatoxylin. Grosse blaue Körner und kleinere rote, die Grundmasse des Centralkörpers trat nicht durch stärkere Färbung gegenüber dem Chromatophor hervor. 2250 (p. 42, 55, 68).

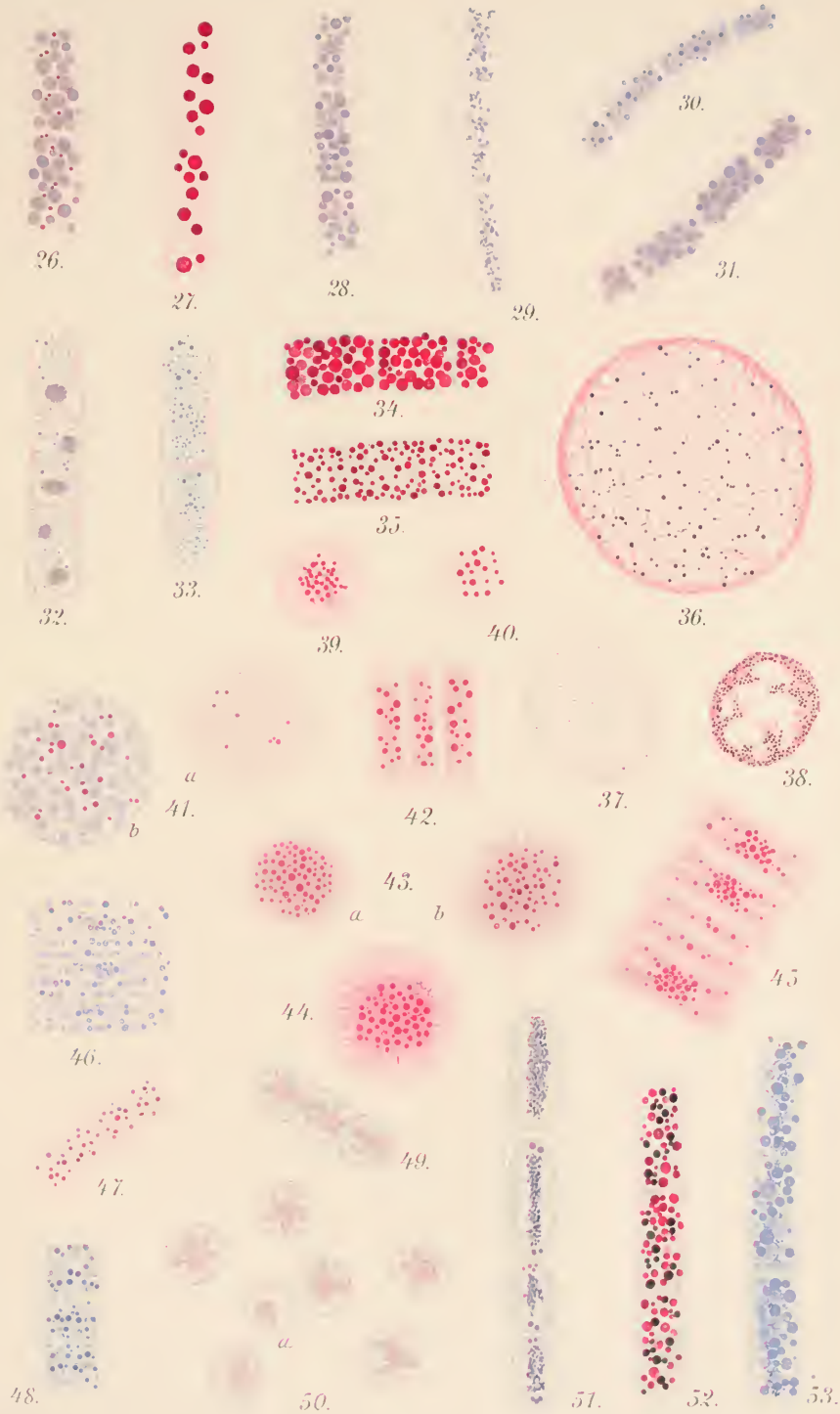
Fig. 27. Aus demselben Präparat wie 26, nur rotgefärbte grössere Körner. 2250 (p. 42, 68).

Fig. 28. Jodalkohol, verdünntes Hämat. Blaugefärbte Körner allein vorhanden und den ganzen Raum innerhalb des Chromatophors von Querwand zu Querwand erfüllend. 2250 (p. 42, 68).

Fig. 29—31. Fadenstücke aus derselben Rasenflocke, die 48 h in 0,3 HCl gelegen hatten, verdünntes Hämatoxylin. Verschiedene Formen der stärker färbbaren Masse innerhalb des Chromatophors, die Grundmasse des sog. Centralkörpers besonders in Fig. 30 u. 31 durch stärkere Färbung sich abhebend, von Querwand zu Querwand reichend. 2250 (p. 42, 44, 55, 68).

Fig. 32—33. Aus demselben Rasen nach 48 h. Behandlung mit 10% Soda, verdünntes Hämat. In Fig. 32 grosse, rundlich eckige, kernähnliche Gebilde, Proteinkrystalloide (p. 44); in Fig. 33 lauter kleinkörnige Granulationen (p. 44). In beiden Figuren der äussere Saum des Chromatophoren rötlich gefärbt. 2250 (p. 42, 44).

Fig. 34 u. 35. Alkohol, Anilinwasser-Säurefuchsin, Pikrinsäuredifferenzierung nach Altmann. Grosse „fuchsinophile" Körner, die den „cyanophilen" der Fig. 26 entsprechen, erfüllen die ganze Zelle, auch in das Chromatophor sich einschiebend in Fig. 34. In Fig. 35 Körner derselben Lage, nur viel kleinere, jüngere Reservestoffablagerungen. 2250 (p. 42, 43, 55).



Gustav Fischer

Fig. 36—38. **Oscillaria princeps.**

Fig. 36. Paraffinschnitt, Sublimatfixierung, Eisenalaunhämatoxylin - Safranin. Das ringförmige Chromatophor (Rinde) stärker gefärbt als der übrige, schönmaschige, vakuolige Inhalt, der sog. Centralkörper, in dem schwärzlich gefärbt die Granulationen liegen. 2250 (p. 48, 54, 68, 69).

Fig. 37. Paraffinschnitt, Jodalkohol, verdünntes Delaf. Gliederung des Inhaltes wie in vorigen Figuren. 500 (p. 48, 54, 68).

Fig. 38. Flusssäure, Eisenalaunhämatoxylin-Safranin. Das ringförmige Chromatophor vollständig erhalten, vom übrigen Inhalt einige unregelmässige Fetzen. Die zahlreichen schwarzen Körner entsprechen nicht den Granulationen der lebenden oder mit $HgCl_2$ oder Jodalkohol fixierten Zellen der vorigen Figuren, sondern sind granuläre Ausfällungen der Flusssäure. 500 (p. 29, 48).

Fig. 59—40. **Oscillaria anguina.** (?)
Paraffinschnitte, Alkoholfixierung, metachromat. Färbung (p. 9).

Fig. 39. Mit unverdünntem Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten gefärbt und dann ohne Wasserspülung in Balsam eingeschlossen. Der ganze Inhalt rot, „sauer" gefärbt. 2250 (p. 9, 46, 54).

Fig. 40. Ebenso gefärbt wie 39, aber mit Wasser abgespült, wodurch die metachromatische Färbung entsteht: Chromatophor und Grundmasse bläulich, Körner rot bleibend. 2250 (p, 9, 46, 54).

Fig. 41—46. **Oscillaria Froehlichii.**

Fig. 41. Paraffinquerschnitte, Jodalkohol, Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten. In Fig. a tritt der Inhalt innerhalb des schwach gefärbten Chromatophoren durch relativ starke Färbung gut hervor, viele feine Strahlen durchsetzen das Chromatophor und stellen die Verbindung zwischen dem Innern und dem jedenfalls vorhandenen Wandbeleg ausserhalb des Chromatophores her; nur wenige „rote Körner". Fig. b zeigt keinen so starken Färbungsunterschied zwischen Chromatophor und Grundmasse des Centralkörpers. Granulation sehr zahlreich, rote und blaue bunt durcheinander. 2250 (p. 46, 47, 53, 68, 69).

Fig. 42. Paraffinlängsschnitt, Alkohol, Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten. Kräftiger Färbungskontrast zwischen Rinde und Centralkörper, von dem aus sehr deutliche Fäden zur Peripherie auslaufen. Nur rote Körner. 2250 (p. 46, 53, 58, 68).

Fig. 43. Paraffinquerschnitt, Alkohol, Delf. Hämat. 2 Minuten; dasselbe Präparat wie Fig. 42. Die stark gefärbte Innenmasse in Fig. a ohne, in Fig. b mit sehr zahlreichen und deutlichen Ausstrahlungen zur Peripherie. Diese sind hier viel deutlicher und länger wie bei Jodalkoholfixierung (Fig. 41), die auch einen viel weniger gefärbten, in seiner Struktur aber viel schöner erhaltenen Inhalt innerhalb des Chromatophores zeigt. Der stürmisch wirkende reine Alkohol hat jedenfalls die sehr typischen Bilder Fig. 43 u. 44 hervorgerufen. 2250 (p. 9, 46, 47, 48, 52, 53).

Fig. 44. Derselbe Paraffinblock wie Fig. 43, aber nach der 2 Minuten langen Färbung mit Delaf. Hämat. ohne Wasserspülung in Balsam eingeschlossen (wie Fig. 39). Alles rot, keine metachromatische Färbung, die erst durch das als Differenzierungsmittel wirkende Wasser entsteht. 2250 (p. 9, 46, 53).

Fig. 45. Fadenstücke aus einem 2 Tage mit Eisessig behandelten Rasen; verdünntes Delaf. Hämat. Sehr starke Kontrastfärbung und ausserdem noch kernähnliche Häufung der Granulationen sich teilender Zellen. 2250 (p. 46, 52).

Fig. 46. Rasen 48 h. in 10 % Soda, verdünntes, angesäuertes Delaf. Hämatoxylin. Alles blau gefärbt, da trotz langen Auswaschens der Soda deren letzte Reste so fest adsorbiert sind, dass sie auch nach Tagen nicht entfernt werden können. Auch die Körnchen an den Querwänden. 2250 (p. 46, 52).

Fig. 47—50. **Oscillaria tenuis.**

Fig. 47. Fäden 48 h. in Eisessig, angesäuertes, verdünntes Delaf. Hämatoxylin. Schöne metachromatische Bilder und Kontrastfärbung zwischen fast gar nicht gefärbtem Chromatophor und gebläuter Grundmasse des Centralkörpers. 2250 (p. 45, 53, 54, 68, 69).

Fig. 48. 1 % Soda 48 h., angesäuertes, verdünntes Delaf. Hämatoxylin, wie Fig. 46. Körnchenreihen an den Querwänden sehr deutlich, alles übrige fast gar nicht gefärbt, natürlich ausser den Granulationen im Innern. 2250 (p. 45, 46, 53, 58).

Fig. 49. Paraffinlängsschnitt, Pikrinschwefelsäure, angesäuertes, verdünntes Delaf. Hämatoxylin. Merkwürdige, drusenähnliche Massen innerhalb des Chromatophoren. 2250 (p. 45, 53).

Fig. 50. Paraffinquerschnitte, dasselbe Präparat wie vorige Figuren. Verschiedene Gestalt der plumpen Massen, zuweilen Chromosomen ähnlich. In Fig. a beginnt eine solche noch rundliche Masse sternförmig zu werden. Die Bildungen sind wohl drusenähnliche Konglomerate von Proteinkrystalloiden. 2250 (p. 45, 53).

Gustav Fischer

Fig. 51—53. **Hapalosiphon pumilus.**

Fig. 51. Jodalkohol, verdünntes, angesäuertes Delaf. Hämatoxylin. Stück eines Hauptfadens mit Scheide, Chromatophor geschlossen tonnenförmig, Grundmasse des Centralkörpers grieselich, fast durch die ganze Zelle reichend, einige gröbere Körnchen zufällig am Ende, Granulationen fehlen. Andere Hauptfäden sind ebenso vollgestopft mit ihnen wie die in den folgenden Figuren dargestellten schlanken Seitenäste und enthalten wie diese (Fig. 52) beiderlei Körnerarten. 2250 (p. 48, 55, 68).

Fig. 52. Altmanns Bichromatosmiumgemisch, Säurefuchsinpikrin. Seitenast mit zweierlei Körnern, durch Os. geschwärzte und „fuchsinophile". Die schwarzen weder Fett noch Gerbsoff. 2250 (p. 38, 39, 48, 68).

Fig. 53. Dasselbe Präparat wie Fig. 51. Seitenast, Grundmasse des Centralkörpers durch die blauen Granula durchscheinend. Diese nach Gruppierung und Mengen denen der Fig. 52 entsprechend, lassen die beiden dort hervortretenden Arten nicht erkennen, alle sind blau, cyanophil, „alkalisch" gefärbt. 2250 (p. 39, 48, 55, 68).

Taf. III.

Fig. 54—57. **Chromatophilie** (p. 5, 6).
(vgl. auch auch Fig, 39, 40, 43, 44.)

Fig. 54. Gemisch von Granulis, die durch gesonderte Fällung einer 3 und einer 0,5 % Lösung von Albumose mit Hermannscher Lösung (Platinosmiumessigsäure) entstanden sind. Färbung Safranin-Gentiana nach Flemming. Die grossen Granula (3 % Albumose) rot (safranophil), die kleinen (0,5 %) gentianophil. 1500 (p. 6).

Fig. 55. Dasselbe Gemisch wie vorige Figur, aber umgekehrte Färbung Gentiana-Safranin, grosse Körner gentianophil, kleine rot. 1500 (p. 6).

Fig. 56. Granulagemisch getrennter Fällungen von 5 u. 0,5 % Albumose durch 0,5 Chromsäure. Gramsche Färbung, grosse Körner violett (5 % Albumose), kleine (0,5 %) durch Tropäolin kontrast gefärbt 1500 (p. 7).

Fig. 57. Dieselbe Mischung wie 56 mit verdünntem, angesäuertem Delaf. Hämatoxylin. Die grossen Körner stark violett gefärbt, die kleinen fast gar nicht. 1500 (p. 6).

Fig. 58—66. **Chromatium Okenii.**

Fig. 58 a—d. Trockenpräparat, ungefärbt in Balsam. Dasselbe Individuum gleich nach dem Einschluss (a) 12 h. 20, ferner nach 2 Minuten (b) nach $3^1/_2$ (c), nach 5 Minuten (d) 12 h. 25. Die allmähliche Entfärbung und Entschwefelung und gleichzeitige Entstehung roter Kugeln an Stelle des Schwefels zeigend. 2250 (p. 76, 84).

Fig. 59. Zwei gequetschte Chromatien mit hervorquellendem, durchweg gefärbtem Inhalt. Eine gefärbte Rinde und ein ungefärbter, allein den Schwefel enthaltender Centralkörper, wie Bütschli darstellt, ist nicht zu sehen. 2250 (p. 75).

Fig. 60. Trockenpräparat, Delaf. Hämatoxylin. Wenige Minuten nach dem Einschluss in Balsam, rote Kugeln enthaltend wie Fig. 58. 2250 p. 77, 84).

Fig. 61. Trockenpräparat. 0,1 Methylenblau mit roten Kugeln wie vorige. 2250 (p. 77, 84).

Fig. 62. Lebendes Chromatium mit dicht gehäuften Schwefelkörnern, welche das Protoplasma zusammendrücken und so dichtere, stärker färbbare Partien erzeugen, die als Centralkörper in den folgenden Figuren imponieren. 2250 (p. 84).

Fig. 63. Jodalkohol, Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten. Schwefelreich; zahlreiche Chromatinkörnchen, ein stärker gefärbter scheinbarer Centralkörper vorhanden. 2250 (p. 83).

Fig. 64. Jodalkohol, Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten. Schwefelfreie Chromatien ohne färberisch hervortretenden Centralkörper. 2250 (p. 83).

Fig. 65. Osmiumdämpfe, Eisenalaunhämatoxylin. Schwefelreiches Individuum mit Centralkörper, dessen Entstehung durch die Schwefelhäufung hier sehr gut. 2250 (p. 83).

Fig. 66 a u. b. Trockenpräparat. Schwefelreiche Individuen, durch Schwefelkohlenstoff entschwefelt, Eisenalaunhämatoxylin. Wieder sehr schön, die dichten, durch die Schwefelkörner gedrückten Partien stärker gefärbt. 2250 (p. 83).

Fig. 67, 68. **Beggiatoa alba.**

Fig. 67. Trockenpräparat, Schwefelkohlenstoff, Eisenalaunhämatoxylin-Safranin. Schwarze Körner = „Chromatin", Druckbilder der Schwefelkörner geben stärker gefärbte Centralkörper. 2250 (p. 87),

Fig. 68. Alkoholmat. Verdünntes angesäuertes Delaf. Hämatoxylin. „Chromatische" Körner sehr schön, ein Centralkörper trat durch die Färbung hier so schattenhaft nur hervor, dass er in der Zeichnung

nicht angedeutet werden konnte, ohne zu schematisieren. 2250 (p. 87).

Fig. 69—72. Spirillum undula.

Fig. 69. Osmiumdämpfe, Eisenalaunhämatoxylin, wenig differenziert. Der Inhalt erfüllt stets die Zellen bis in die Spitzen, nirgends sind helle Enden, der Rinde Bütschlis entsprechend, zu sehen. Der Inhalt, dessen stärker färbbare Körnchen bei der geringen Differenzierung nicht herauskommen, liegt als Wandbeleg an und ist grob vakuolig, ein gekammerter, centraler Saftraum wird vom Wandbeleg umschlossen. 1500 (p. 103).

Fig. 70. Trockenpräparat, Färbung wie 69. Präparationsplasmolyse, teilweise mit schöner Durchschnürung des Inhaltes in zwei Teile (a), auch helle Enden mit gefärbtem Rest dabei (a'). 1500 (p. 106—110).

Fig. 71. Jodalkohol, Färbung wie 69, deren Beschreibung auch hier gilt.

Fig. 72. Jodalkohol, Eisenalaunhämatoxylin stark differenziert, mit Safranin nachgefärbt. Die „chromatischen" Körner in wechselnder Zahl und ohne Beziehung zur Teilung. In a sind nach Beizpräparaten die lophotrichen Geisseln ergänzt, so dass dieses Bild den ganzen, zur Zeit sichtbar zu machenden Bau von Spirillum wiedergiebt. 1500 (p. 105).

Fig. 73 u. 74. Cladothrix dichotoma.

Fig. 73. Jodalkohol, unverd. Delaf. Hämatoxylin 2 Minuten. Der Inhalt zeigt dieselbe vakuolige Struktur wie bei Spirillum, in jeder Zelle ein stärker gefärbtes Körnchen, das ganz den Eindruck eines Kernes macht. Die folgende Figur zeigt aber, dass eine solche Deutung nicht richtig ist. 2250 (p. 111).

Fig. 74. Aus demselben Präparat wie 73. In jeder Zelle mehrere solche kernähnliche, stark gefärbte Körner. 2250 (p. 112).

Fig. 75 u. 76. Bacillus Anthracis.

Fig. 75. Jodalkohol, unverd. Delaf. 2 Minuten. 12 Stunden alte Kultur ohne Vorstadien der Sporenbildung. Gliederung des Inhaltes wie bei Spirillum und Cladothrix. 2250 (p. 112).

Fig. 76. Fixierung und Färbung wie 75, ca. 20 h. alte Kultur mit jungen Sporenkörpern, die aber noch, da die impermeable Haut noch nicht fertig ist, sich gut färbten. Der blasse homogene Teil ist die leere Zellhaut, aus der der ganze Inhalt vielleicht bis auf geringe Reste sich zur Spore kontrahiert hat. 2250 (p. 112).

Fig. 77. **Typhusbacillen.**

Jodalkohol, 0,1 Methylenblau 10 Sekunden. In den meisten Individuen des Präparates ist die Gliederung des Inhaltes nicht mehr zu sehen. In einigen aber doch soviel, wie dargestellt, woraus die Uebereinstimmung mit den übrigen Formen sich ergiebt. In a wurden die peritrichen Geisseln ergänzt. 2250 (p. 11, 113).

Fig. 78. **Choleravibrio.**

Jodalkohol, 0,1 Methylenblau 15 Sekunden. Hier war an den meisten Individuen die abgebildete Struktur (Wandbeleg, gekammerter Zellsaftraum, kernähnliche rötliche Granula) gut zu sehen. In a ist die monotriche Geissel ergänzt, um ein Gesamtbild der jetzt erkennbaren Struktur zu geben. 2250 (p. 11, 113).

Citierte Litteratur.

Babes, I. Ueber isoliert färbbare Anteile von Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene V, 1889.

— —, II. Beobachtungen über die metachromatischen Körperchen, Sporenbildung, Verzweigung, Kolben- und Kapselbildung pathogener Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene XX, 1895.

Billet, Contribution à l'étude de la morphologie et du développement des Bactériacées, Travaux du Laboratoire de Wimereux, 1890.

Brass, A., Die Methoden bei der Untersuchung tierischer Zellen. Zeitschr. wiss. Mikrosk. I, 1884.

Brefeld, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze II, 1874.

Büsgen, Kulturversuche mit Cladothrix dichotoma. Ber. d. deutsch. bot. Ges. XII, 1894.

Bütschli, I. Ueber den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig 1890.

— —, II. Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig 1896.

Bunge, R., Zur Kenntnis der geisseltragenden Bakterien. Fortschritte d. Medizin 1894, XII. Bd.

Campbell, The staining of living nuclei. Untersuchungen bot. Inst. Tübingen. II. Bd.

Chodat, Contenue cellulaire d. Cyanophycées. Archiv. des scienc. phys. et mat. Genève, 1894, 3. Serie, XXXII, p. 637.

Chodat und Malinesco, Structure cellulaire des Cyanophycées. Archiv. d scienc. phys. et mat. Genève, 1893, 3. Serie, XXIX, p. 109.

Cohn, Untersuchungen über Bakterien. Beitr. z. Biologie, I. Bd., 2. Heft.

Coppen Jones, Ueber die Morphologie und system. Stellung des Tuberkelpilzes und über die Kolbenbildung bei Aktinomykose und Tuberkulose. Centralbl. f. Bakt., XVII, 1895.

Dangeard, Les noyaux d'une Cyanophycée. Le Botaniste, Serie III.

Deinega, Val., Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnis über den Zellinhalt der Phycochromaceen. Bullet. soc. impér. des Nat. de Moscou 1891, V. Bd.

Ernst, Ueber Kern- und Sporenbildung in Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene, V, 1889.

Fischer, Alfred, I. Die Plasmolyse der Bakterien. Sitzb. d. kgl. sächs. Ges.-Wiss. math. nat. Cl. 1891.

— —, II. Untersuchungen über Bakterien. Jahrb. f. wiss. Bot., XXVII. Bd.

— —, III. Zur Kritik der Fixierungsmethoden und der Granula. Anat. Anzeiger 1894.

— —, IV. Neue Beiträge z. Kritik der Fixierungsmethoden. Anat. Anzeiger 1895.

Förster, Ueber eine merkwürdige Erscheinung b. Chromatium Okenii. Centralbl. f. Bakt. XI, 1892.

Frenzel, Ueber den Bau und die Sporenbildung grüner Kaulquappenbacillen. Zeitschr. f. Hygiene XI, 1892.

Gierke, Färberei zu mikrosk. Zwecken. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., II. Bd.

Heidenhain, R., Beitrag z. Histologie und Physiologie der Dünndarmschleimhaut. Pflügers Archiv, XLIII. Bd., Suppl. 1888.

Heine, Die Mikrochemie der Mitose, zugleich eine Kritik mikrochemischer Methoden. Zeitschr. f. physiologische Chemie XXI. 1896.

Held, Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1895.

Hieronymus, I. Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen. Cohns Beiträge z. Biologie, V. Bd. 1892.

— —, II. Ueber die Organisation der Phycochromaceenzelle. Bot. Zeitung. 1893.

Hüppe, Die Formen der Bakterien. Wiesbaden 1886.

Ilkewicz, Ueber die Kerne der Milzbrandsporen. Bakt. Zentralbl. XV, 1894.

Karsten, Untersuchungen über Diatomeen, I., II., Flora 1896, 97 (LXXXIII. u. LXXXIV. Bd.).

Klebahn, Beiträge z. Kenntnis der Auxosporenbildung. Jahrb. f. wiss. Bot., XXIX Bd. 1896.

Klebs, Allgemeine Pathologie, I. Bd., 1887.

Korschelt, Beiträge z. Morphologie und Physiologie des Zellkernes. Zool. Jahrb. IV, Anat. Abt., 1890.

Lehmann u. Neumann, Atlas und Grundriss der Bakteriologie 1896.

Löwit, Zur Morphologie der Bakterien. Bakt. Centralbl. XIX, 1896.

Marx, A., Untersuchungen über die Zellen der Oscillarien. Erlanger Dissert. 1892.

Meyer, A., Das Chlorophyllkorn. Leipzig 1883.

Migula, I. Ueber den Zellinhalt des Bacillus oxalaticus. Arb. d. bakt. Inst. Karlsruhe I, 1. Heft, 1894.

— —, II. Ueber sogenannte Kapselbildung bei Bakterien. Referat im Centralbl. f. Bakt., II. Abt., p. 583, 1896.

— —, III. Natürl. Pflanzenfamil. von Engler und Prantl, Lief. 129.

Mitrophanow, Étude sur l'organisation des Bactéries. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., X. Bd., 1893.

Müller, Leo, Beitrag zur Unterscheidung zwischen Typhusbact. und Bact. coli commue. Arb. d. bakt. Instituts Karlsruhe I, 1. Heft, 1894.

Nadson, G., Ueber den Bau des Cyanophyceen-Protoplastes. Petersburg 1895 (Scripta botan. horti Petropol. IV).

Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chemie. 2. Aufl., I. Bd., 1891.

Palla, Beitrag zur Kenntnis des Baues des Cyanophyceen-Protoplastes. Jahrb. f. wissensch. Bot., XXV. Bd., 1893.

Pérez, Protoplasme et noyau. Mem. d. l. soc. des scienc. nat. de Bordeaux, 4. Serie, IV, 1894.

Pfeffer, Ueber Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Untersuch. bot. Inst. Tübingen, II. Bd.

Pringsheim, Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze. Jahrb. f. wissensch. Bot., XII.

Protopopoff, Sur la question de la structure des Bactéries. Annales de l'Inst. Pasteur V., 1891.

Raciborski, Zur Morphologie des Zellkernes der keimenden Samen. Anzeiger d. Akad. d. Wiss. Krakau 1893. Die ausführliche polnische Arbeit nebst Tafel im Rozprawy Wydziat. Nat. math. Cl. 1893, 2. Serie, VI. Bd.

Remy u. Sugg, Recherches sur le Bacille d'Eberth-Gaffky. Travaux du Laboratoire d'Hygiène et de Baktériologie de l'Université de Gand. I, 1893.

Schewiakoff, Ueber einen neuen bakterienähnlichen Organismus des Süsswassers. Habilitschr. Heidelberg 1893.

Schmitz, I. Untersuchungen über die Zellkerne des Thallophyten. Sitzungsbericht d. niederrh. Ges. 1879. Bonn.

— —, II. Untersuchungen über die Struktur des Protoplasmas und der Zellkerne der Pflanzenzellen. Ibid. 1880.

— —, III. Die Chromatophoren der Algen 1882.

— —, IV. Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen. Festschr. d. naturf. Ges. Halle 1879.

Schottelius, Beobachtung kernartiger Körper im Innern von Spaltpilzen. Centralbl. f. Bakt., IV. Bd., 1888.

Scott, On Nuclei in Oscillaria and Tolypothrix. Journal of the Linnean Society, Botany. XXIV. Bd., 1888.

Sjöbring, Ueber Kerne und Teilungen bei den Bakterien. Bakt. Centralbl. XI, 1892.

Stockmayer, Ueber Spaltalgen. (Vorl. Mitteilung). Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1894, XII.

Strasburger, Zellbildung und Zellteilung. 3. Aufl. 1880.

Trambusti u. Galeotti, Neuer Beitrag zum Studium der inneren Struktur der Bakterien. Bakt. Centralbl. XI, 1892.

Wahrlich, Bakteriologische Studien. Petersburg 1890—91. (Scripta bot. horti Petrop. III.)

Winogradsky, Beitrag zur Morphologie und Physiologie der Bakterien I, Leipzig 1888.

Zacharias, I. Ueber d. Zellen d. Cyanophyceen. Bot. Zeitung 1890. (Sep. Abd.)

— —, II. Ueber Valerian Deinegas Schrift: Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der Phycochrom. Bot. Zeitung 1891.

— —, III. Ueber die Zellen der Cyanophyceen. Bot. Zeitung 1892.

— —, IV. „ „ „ „ „ „ „ 1893,

— —, V. Besprechung von Bütschli I. Bot. Zeitung 1890.

— —, VI. Beiträge zur Kenntnis des Zellkernes und der Sexualzellen. Bot. Zeitung 1887. (Sep. Abd.).

— —, VII. Ueber Chromatophilie. Ber. d. deutschen bot. Ges. XI, 1893.

Zettnow, Ueber den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakt., X. Bd., 1891.

Zimmermann, A., I. Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Jena 1896.

Zukal, H., I. Ueber den Zellinhalt der Schizophyten. Sitzb. d. math. nat. Cl. d. Wiener Akad., CI. Bd., Abt. I, 1892.

— —, II., Beiträge z. Kenntnis der Cyanophyceen. Oesterr. bot. Zeitschr. 1894.

— —, III. Neue Beobachtungen über einige Cyanophyceen. Ber. d. deutsch. bot. Ges., XII. Bd. 1894.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

Untersuchungen

über den Bau der

Cyanophyceen und Bakterien

von

Dr. Alfred Fischer,
a. o. Professor der Botanik in Leipzig.

Mit 3 lithographischen Tafeln.

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1897.

9.7

Fischer, Dr. med. **Bernhard**, Professor der Hygiene und Direktor am Hygienischen Institut zu Kiel und **Brebeck,** Dr. phil. **Carl**, Assistent am Hygienischen Institut zu Kiel, **Zur Morphologie, Biologie und Systematik der Kahmpilze der Monilia candida Hansen und des Soorerregers.** Mit 12 Photogrammen. 1894. Preis: 4 Mark.

Klebs, Dr. **Georg**, Prof. in Basel. **Ueber die Fortpflanzungs-Physiologie der niederen Organismen, der Protobionten.** Spezieller Teil. **Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen.** Mit 3 lithogr. Tafeln und 15 Holzschnitten. 1896. Preis 18 M.

Lafar, Dr. **Franz**, Privatdozent für Gärungsphysiologie an der Techn. Hochschule, Assistent am Physiolog. Laboratorium der Kgl. Versuchsstation für Gärungsgewerbe zu Hohenheim bei Stuttgart. **Technische Mykologie.** Ein Handbuch der Gärungsphysiologie für technische Chemiker, Nahrungsmittel-Chemiker, Gärungstechniker, Agrikulturchemiker, Pharmaceuten und Landwirte. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. **Emil Christian Hansen**, Carlsberg Laboratorium Kopenhagen.

Erster Band. Schizomyceten-Gärungen. Mit einer Lichtdrucktafel und 90 Abbildungen im Text. Preis: 9 Mark.

Pringsheim, **N., Gesammelte Abhandlungen.** Herausgegeben von seinen Kindern. **Erster Band. Befruchtung, Vermehrung und Systematik der Algen.** Mit einem Bildnis des Verfassers und 28 lithographischen Tafeln. 1895. Preis: 20 Mark.

Zweiter Band. Phycomyceten, Charen, Moose, Farne. Mit 32 lithographischen Tafeln. 1895. Preis: 15 Mark.

Dritter Band. Zellenbau, Morphologisches, Historisches. Mit 13 lithographischen Tafeln. 1896. Preis: 12 Mark.

Vierter Band. Chlorophyll, Assimilation, Lichtwirkung, Sauerstoffabgabe, Osmotische Versuche. Mit 22 lithographischen Tafeln und 7 Abbildungen im Text. 1896. Preis: 13 Mark.

Schwarz. Dr. **Frank**, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Vorstand der pflanzenphysiologischen Abteilung der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preussen, **Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium Abietis.** Beitrag zur Geschichte einer Pilzepidemie. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1895. Preis: 5 Mark.

von Tavel, Dr. **F.**, Dozent der Botanik am Eidgen. Polytechnikum in Zürich, **Vergleichende Morphologie der Pilze.** Mit 90 Holzschnitten. 1892. Preis: 6 Mark.

Wehmer, Dr. **C.**, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Hannover, **Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze.** Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen. Zweites Heft. Mit 3 lithographischen Tafeln und 6 Tabellen. 1895. Preis: 7 Mark.

Verlag von **Gustav Fischer** in **Jena.**

Seit dem 1. Januar 1895 erscheint:

Centralblatt

für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten.

Zweite Abteilung:

Allgemeine, landwirtschaftlich-technische Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Pflanzenpathologie.

In Verbindung mit

Prof. Dr. **Adametz** in Krakau, Dr. **M. W. Beijerinck** in Delft, Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Dr. v. **Freudenreich** in Bern, Prof. Dr. **Emil Chr. Hansen** in Kopenhagen, Dr. **Lindner** in Berlin, Prof. Dr. **Müller-Thurgau** in Wädensweil, Dr. **Erwin F. Smith** in Washington, D. C., U. S. A., Prof. Dr. **Stutzer** in Bonn, Privatdozent Dr. **Wehmer** in Hannover, Dr. **Weigmann** in Kiel, Dr. **Wilfarth** in Bernburg und Dr. **Winogradsky** in St. Petersburg

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm in Cassel.

In den letzten Jahren hat die Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Parasitenkunde für die Landwirtschaft und für viele Zweige der Technologie so ausserordentlich an Bedeutung gewonnen, dass es wünschenswert wurde, **ein Organ zu schaffen, welches die Fortschritte der allgemeinen, der technologischen und der landwirtschaftlichen Bakteriologie, Gärungsphysiologie etc., sowie der Pflanzenkrankheiten durch Originalartikel und Referate den Lesern vorführt.**

Es sollte den Wünschen vieler Forscher, sowie überhaupt aller Interessenten auf dem Gebiete der Technologie und Landwirtschaft Rechnung getragen werden, welche letzteren bisher die meisten der für sie in Betracht kommenden Arbeiten über Bakteriologie des Bodens und des Düngers, der Milch-, Butter- und Käsefabrikation, Bierbrauerei, Brennerei, des Weinbaus, der chemischen Technologie und der Pflanzenkrankheiten in allen möglichen chemischen, technischen, landwirtschaftlichen und botanischen Zeitschriften mühsam zusammensuchen mussten.

Dies so geschaffene **Centralblatt für landwirtschaftliche Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Pflanzenpathologie,** herausgegeben von Dr. O. Uhlworm in Cassel, wird eingeteilt in:

1. Wissenschaftliche Originalarbeiten.

2. Originalberichte aus Instituten und Laboratorien.

3. Zusammenfassende Uebersichten.

Diese Uebersichten haben den Zweck, den nicht auf diesen Gebieten selbstthätigen Lesern ein möglichst getreues Bild der historischen Entwickelung unserer gegenwärtigen Kenntnis über bestimmte einschlagende wichtige Fragen zu geben: dieselben sollen in längeren, also nicht jährlichen, Zwischenräumen wiederholt werden.

4. Referate.

Diese werden den Hauptteil des Blattes bilden, und es soll die Aufgabe derselben sein, den Inhalt aller diesbezüglichen im In- und Auslande selbständig oder in periodischen Schriften erscheinenden Arbeiten über allgemeine Bakteriologie sowie die des Bodens und des Düngers, der Milch-, Butter- und Käsefabrikation, Bierbrauerei, Brennerei, des Weinbaus, der chemischen Technologie und der Pflanzenkrankheiten in knapper, streng wissenschaftlicher Form wiederzugeben. Objektivität der Darstellung soll möglichst streng gewahrt werden, sachliche Kritik jedoch nicht ausgeschlossen sein, sofern sie sich von allem Persönlichen freihält. Durch Namensunterschrift der Referenten soll die Gediegenheit der Besprechungen möglichst gesichert werden.

5. Berichte über Untersuchungsmethoden, Instrumente etc.

Bei dem grossen Werte, welchen für die experimentellen Untersuchungen die genaue Kenntnis und Darstellung der Versuchs- und Untersuchungs- resp. Züchtungsmethoden hat, wird das Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde auch in der 2. Abteilung gerade dieser Rubrik eine sehr sorgfältige und eingehende Berücksichtigung widmen. Alles, was für die Verbesserung oder Vereinfachung der Untersuchungsmethoden von Wichtigkeit sein kann, wird daher schnell und ausführlich den Lesern, wenn wünschenswert, unter Zuhilfenahme von Abbildungen zur Kenntnis gebracht werden.

6. Berichte über die in das Gebiet der Bakteriologie und Parasitologie einschlagenden Vorträge und Verhandlungen auf Naturforscherversammlungen und sonstigen Kongressen.

7. Berichte und Beschreibungen der für bakteriologische und parasitologische Forschungen eingerichteten Institute und sonstigen Anstalten.

8. Systematisch geordnete wöchentliche Uebersichten über die neueste gärungsphysiologische und phytopathologische, bakteriologische, landwirtschaftlich-technologische Litteratur aller Länder; dieselben sollen ein möglichst vollständiges Bild aller Leistungen der letzten Wochen geben.

Das Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde erscheint alle 14 Tage. Der Jahrgang umfasst somit 26 Nummern im Umfange von mindestens 2 Bogen; der Abonnementspreis beträgt 16 Mark.

Das Centralblatt ist durch jede Buchhandlung Deutschlands und des Auslandes, sowie direkt von der Verlagsbuchhandlung zu beziehen.

Druck von Ant. Kämpfe, Jena.